

Streszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Antosik pt.
**„Inteligentne materiały do ochrony ciała człowieka oparte
na cieczach zagęszczanych ścinaniem”**

Promotor: prof. dr hab. inż. Mikołaj Szafran

Płyny zagęszczane ścinaniem nazywane powszechnie cieczami zagęszczanymi ścinaniem (dylatancyjnymi), ze względu na swe unikalne właściwości do tłumienia i rozpraszania energii, stanowią przedmiot zainteresowań wielu naukowców od ponad dekady. Wynika to z właściwości reologicznych danych układów, charakteryzujących się wzrostem lepkości płynu wraz ze wzrostem szybkości ścinania. Zmiana właściwości reologicznych danego płynu w sposób przewidywalny i odwracalny dodatkowo sprawia, że materiały te coraz częściej nazywa się mianem materiałów inteligentnych.

Wstępne badania w zakresie wykorzystania płynów zagęszczanych ścinaniem w tzn. ciekłych pancerzach wykazały, że impregnacja tkaniny p-aramidowej typu Kevlar® płynem zagęszczanym ścinaniem, nie tylko poprawia właściwości protekcyjne danego materiału, lecz także umożliwia zmniejszenie ilości stosowanych warstw, co korzystnie wpływa na wzrost elastyczności i spadek masy danych materiałów oraz, w przeciwieństwie do na przykład tradycyjnych kamizelek kuloodpornych, umożliwia ochronę również części ruchomych ciała.

Pomimo wielu korzyści płynących z potencjalnego wykorzystania zawiesin zagęszczanych ścinaniem w ochronie ciała człowieka, istnieją wciąż pewne ograniczenia, wynikające z naturalnej zdolności zawiesin do spływania z elementów pionowych oraz ich niskiej stabilności w czasie. Powoduje to, że płyny zagęszczane ścinaniem stosowane są jedynie jako niewielki dodatek do różnego rodzaju materiałów, co w znaczny sposób ogranicza ich potencjał aplikacyjny. Ponadto, w literaturze naukowej brak jest wciąż pełnego opisu tego zjawiska, pozwalającego na świadome sterowanie składem jak i właściwościami reologicznymi płynów w zależności od przyjętych założeń projektowych.

Z powyższych względów celem niniejszej rozprawy doktorskiej były badania nad zjawiskiem zagęszczania ścinaniem, a także jego praktycznym wykorzystaniem w ochronie ciała człowieka.

W pierwszym etapie badań przeanalizowano wpływ składu na stabilność i właściwości reologiczne zawiesin zagęszczanych ścinaniem. W ramach badań przetestowano szereg cieczy dyspergujących różniących się ilością grup hydroksylowych i atomów tlenu w cząsteczce, a także jego długością i rozgałęzieniem, proszki ceramiczne o różnej wielkości i rozkładzie wielkości cząstek oraz morfologii, a także różnego typu dodatki modyfikujące

właściwości płynów. Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono, że wszystkie te parametry mają istotny wpływ zarówno na stabilność jak i właściwości reologiczne mas. W zależności od zastosowanego składu, właściwości reologiczne płynu zmieniały się od newtonowskich, poprzez rozrzedzane ścinaniem do zagęszczanych ścinaniem. Wykazano, że poprzez dobór odpowiedniego składu zawiesiny istnieje możliwość sterowania zarówno wysokością jak i zakresem szybkości ścinania występowania skoku dylatacyjnego. Daje to możliwość przewidzenia i dostosowania właściwości reologicznych płynu jeszcze na etapie jego projektowania. W ramach badań udowodniono dodatkowo, że poprzez dobór odpowiednich dodatków do mas np. proszku ceramicznego w postaci nanorurek czy polimerowych mikrosfer, istnieje możliwość podwyższenia skoku dylatacyjnego i/lub obniżenia masy układu. Wpływa to korzystnie na wzrost stopnia protekcji późniejszych materiałów ochronnych oraz komfortu ich użytkowania.

W kolejnym etapie badań, na podstawie uzyskanych danych, wytypowano jeden skład płynu zagęszczanego ścinaniem odznaczający się wysokim skokiem dylatacyjnym wynoszącym około 15000 Pa·s i przebadano go pod kątem zastosowania w ochronie ciała człowieka. Wyniki przeprowadzonych badań pokazały, że opracowany płyn odznaczał się stabilnością właściwości reologicznych w czasie oraz wysokim stopniem rozproszenia siły uderzenia, który przy energii uderzenia 5J, wynosił 89% dla grubości próbki 10mm.

W trzecim etapie pracy skupiono się na próbie immobilizacji cieczy poprzez zastosowanie reakcji fotopolimeryzacji. Badania wykazały, że ten sposób immobilizacji niezwykle korzystnie wpływa na właściwości protekcyjne materiału i skutecznie zapobiega spływaniu płynów zagęszczanych ścinaniem z tkanin.

W ostatnim etapie pracy przeanalizowano możliwości aplikacyjne materiałów kompozytowych zawierających płyn zagęszczany ścinaniem. W ramach badań przygotowano i przetestowano materiały kompozytowe oparte na tkaninie poliamidowej, tworzywach porowatych oraz formach silikonowych z dodatkiem płynu zagęszczanego ścinaniem. Wszystkie materiały kompozytowe odznaczały się wysoką elastycznością oraz stopniem rozproszenia siły uderzenia w zakresie 80 - 96%, przy czym najlepsze rezultaty uzyskano dla materiałów z użyciem tkaniny poliamidowej. Materiały te odznaczały się nie tylko niską gęstością ($0,81 \text{ g/cm}^3$), lecz także wysoką elastycznością oraz stopniem rozproszenia siły uderzenia.

Wyniki badań przedstawione w niniejszej rozprawie doktorskiej pozwalają wnioskować, że płyny zagęszczane ścinaniem posiadają bardzo wysoki aspekt aplikacyjny. Wymaga to jednak zarówno doboru odpowiedniego składu masy, jak i skutecznej immobilizacji płynu.

Warszawa, 9.03.2016 Agnieszka Antosiak