

## Popularnonaukowe streszczenie projektu

### I. Cel projektu

Ogólnym celem projektu jest weryfikacja losowych właściwości mechanicznych kompozytów elastomerowych na bazie poliuretanu wysokiej gęstości zbrojonych cząsteczkami węgla (Carbon Black) związanych w szczególności z ich procesem odkształcenia. Losowość ta wynika z niejednorodności tych materiałów ze względu na ich budowę wewnętrzną, połączenia między składnikami oraz niepewne właściwości materiałowe ich poszczególnych faz (współczynnika odkształcalności poprzecznej, modułu sprężystości podłużnej lub parametrów modelu hipersprężystego), a także niedokładnościami geometrycznymi powstającymi zarówno w procesie ich produkcji jak i montażu. Celem dodatkowym jest określenie własności fazy pośredniej, która stanowi jednorodną reprezentację defektów międzyfazowych tworzących się na styku cząstek węgla z matrycą oraz sprawdzenie wpływu nierównomiernego rozmieszczenia zbrojenia (cząstek węgla) w matrycy polimerowej związanego z tendencją do grupowania cząstek zbrojenia na właściwości mechaniczne kompozytu (poddanego homogenizacji).

### II. Badania realizowane w projekcie

W projekcie stworzone zostaną komputerowe trójwymiarowe modele reprezentatywnego elementu objętościowego periodycznego kompozytu polimerowo-węglowego z fazą pośrednią (zaobserwowaną w eksperymentalnych badaniach mikroskopowych) oraz model hipersprężystej (nieściśliwej) kompozytowej belki zginanej siłą skupioną. Zostaną także przeprowadzone testy eksperymentalne cyklicznego rozciągania oraz zginania trójpunktowego w celu skalibrowania modeli materiałowych użytych w analizach numerycznych. Analizy komputerowe zrealizowane zostaną za pomocą Stochastycznej Metody Elementów Skończonych (SMES) pozwalającej na efektywną analizę dowolnego problemu losowego w zagadnieniach mechaniki i inżynierii materiałowej uwzględniając losowość materiałową, geometryczną i obciążenia w modelach numerycznych. Z pomocą Metody Elementów Skończonych przeanalizowany zostanie zakres hipersprężysty materiałów uwzględniający ich fizyczną nieściśliwość oraz histerezę naprężeń, natomiast weryfikacja ich losowych właściwości odbędzie się z użyciem trzech niezależnych technik SMES: metody perturbacji stochastycznej, metody symulacji Monte Carlo oraz techniki pół-analitycznej z bezpośrednim wyprowadzeniem momentów losowych.

### III. Powody podjęcia tematyki badawczej

Badania podjęte zostały ze względu na wysoki wpływ niejednorodności materiałów kompozytowych oraz polimerów na ich globalne zachowanie, w tym proces odkształcenia oraz na efekty lokalne w nich występujące. Naturalna losowość właściwości tych materiałów wpływa na wyniki eksperymentalne (które każdorazowo wykazują rozrzut statystyczny) oraz na bezpieczeństwo konstrukcji z nich stworzonych. Dlatego też uwzględnienie wpływu tych niepewności na losowość oraz wrażliwość wyników jest cenne, w szczególności w wypadku polimerów z fazą pośrednią w kompozytach polimerowo-węglowych, których efektywne właściwości są trudne do określenia eksperymentalnie, a geometria faz niepewna. Defekty międzyfazowe reprezentowane przez fazę pośrednią mają decydujący wpływ na cechy kompozytu, w tym jego wytrzymałość, odkształcalność i trwałość. Nie mniej ważny jest także efekt nierównomiernego rozkładu przestrzennego zbrojenia, który powoduje zróżnicowanie właściwości materiału kompozytowego w skali mikro prowadzące do zmniejszenia jego parametrów mechanicznych oraz przedwczesnego zniszczenia (występującego przy relatywnie niewielkim obciążeniu). Warto również nadmienić, że badania związane z odkształceniem polimerów i elastomerów są nadal przedmiotem dyskusji międzynarodowej w ich elastoplastycznym, lepkoelastycznym oraz sprzężonym (lepko-termo-elektro-elastycznym) zakresie oraz że wysokiej gęstości poliuretan zbrojony sferycznymi cząsteczkami węgla stanowiący główny przedmiot badań projektu jest powszechnie stosowany m. in. jako warstwa wierzchnia opon, uszczelki, wysokiej jakości kleje lub części do urządzeń elektronicznych.