

Badanie wszechstronności silatranizacji: inżynieria molekularna silatranowych środków sprzęgających w kierunku wydajnej modyfikacji powierzchni nanomateriałów w zróżnicowanych środowiskach

Cel naukowy projektu

Głównym celem niniejszego projektu jest opracowanie wydajnych procedur modyfikacji powierzchni nanonapełniaczy mineralnych w warunkach mokrych i suchych, z wykorzystaniem C-podstawionych silatranów jako nowej generacji środków sprzęgających o poprawionej rozpuszczalności. W tym celu pochodne silatranu, zawierające wybrane grupy organiczne, zostaną wyposażone w odpowiednie hydrofobowe i/lub hydrofilowe podstawniki na klatce silatranowej na drodze modyfikacji chemicznej. Tak otrzymane środki sprzęgające zostaną następnie zastosowane do funkcjonalizacji powierzchni napełniaczy mineralnych przeznaczonych do żywic sieciowanych pod wpływem światła. Na koniec, opracowane mieszaniny żywic zostaną poddane ocenie w kontekście zastosowania w druku 3D. W trakcie tych działań zostanie zbadany wpływ struktury silatranowych środków sprzęgających na właściwości otrzymanych materiałów kompozytowych, w tym na kinetykę utwardzania, gęstość usieciowania oraz własności mechaniczne.

Opis badań naukowych

W ramach projektu zostanie zaprojektowana i zsyntezowana seria silatranowych środków sprzęgających kompatybilnych z żywicami fotoutwardzalnymi. Następnie, zostanie sporządzony szereg mieszanin żywic, zawierających organiczne monomery żywiczne, zmodyfikowane powierzchniowo nanonapełniacze oraz układ inicjujący, a ich przydatność w technikach przyrostowych (addytywnych) zostanie zbadana. Zaplanowane prace eksperymentalne w tym projekcie są następujące: 1) synteza i charakterystyka silatranowych środków sprzęgających, 2) modyfikacja powierzchni nanonapełniaczy nieorganicznych, 3) pełna charakterystyka sfunkcjonalizowanych nanomateriałów, 4) przygotowanie fotoutwardzalnych mieszanek polimeryzujących się według mechanizmu rodnikowego i/lub kationowego, 5) optymalizacja parametrów fotochemicznego drukowania 3D, a także 6) określenie dynamicznych właściwości mechanicznych, gęstości usieciowania oraz odporności na hydrolizę obiektów wydrukowanych w 3D.

Motywacja dla podjęcia tematyki badawczej

Silatranowe środki sprzęgające (SilCA) pojawiły się ostatnio jako obiecująca alternatywa dla tradycyjnych silanów, z uwagi na znacząco podwyższoną odporność na działanie wody. Dzięki ograniczonej tendencji do niepożądanego przedwczesnego hydrolizy, SilCA umożliwiają bardziej precyzyjną kontrolę nad procesem modyfikacji powierzchni w porównaniu z ich odpowiednikami silanowymi. Te zalety doprowadziły do otrzymania szczególnie dobrych wyników aplikacyjnych w powłokach przeciwdrobnoustrojowych, w procesach osadzania nanocząstek metali oraz immobilizacji biocząsteczek. Jednak istotnym ograniczeniem SilCA jest stosunkowo niska, często niewystarczająca rozpuszczalność w wielu rozpuszczalnikach, w porównaniu z komercyjnymi silanami. Aby przezwyciężyć ten problem, w niniejszym projekcie proponuje się funkcjonalizację atomów węgla w klatce silatranowej grupami hydrofilowymi i/lub hydrofobowymi, co powinno poprawić rozpuszczalność w wodzie lub rozpuszczalnikach węglowodorowych. W literaturze opisano wiele takich pochodnych silatranu, lecz dotąd nie badano ich w roli środków sprzęgających. Dodatkowo, jako kolejny element nowości, zostaną podjęte próby przeprowadzania reakcji modyfikacji powierzchni mechanochemicznie, bez udziału rozpuszczalników, zgodnie z zasadami zielonej chemii. Z kolei zastosowanie tak zmodyfikowanych napełniaczy w formulacjach żywic do druku 3D umożliwi zbadanie, w jaki sposób struktura silatranu oraz metoda jego naniesienia wpływają na właściwości uzyskiwanych kompozytów utwardzanych światłem.

Spodziewane efekty realizacji projektu

Szerszym zamierzeniem projektu jest stworzenie praktycznych wskazówek dotyczących wydajnej modyfikacji powierzchni z wykorzystaniem pochodnych silatranowych, połączonej z kompleksową charakterystyką otrzymanego materiału, co może okazać się cenne dla innych grup badawczych dążących do uzyskania dobrze zdefiniowanych granic faz organiczno-nieorganicznych. Kolejną wartością dodaną będzie rozwój wiedzy z zakresu chemii krzemu, uzyskany poprzez syntezę i charakterystykę nowych związków silatranowych. Ponadto, realizacja badań przyczyni się do postępu w nauce o nanomateriałach, dzięki zastosowaniu najnowocześniejszych metod analitycznych w badaniu zmodyfikowanych nanonapełniaczy. Ostatecznie, opracowane w projekcie nowe formulacje żywic do druku 3D mogą ujawnić wyjątkowe właściwości, warte dalszych szczegółowych badań.