

„Analiza możliwości zastosowania funkcjonalnych nanokompozytów cementowych jako materiału naprawczego i samomonitorującego w konstrukcjach budowlanych”

Streszczenie

Nanotechnologia znajduje coraz szersze zastosowanie w materiałach budowlanych. Możliwości modyfikacji tradycyjnych materiałów na poziomie molekularnym oraz tworzenie powłok opartych o nanomateriały pozwalają na kształtowanie właściwości podstawowych oraz nadawanie unikalnych cech funkcjonalnych. Cechy te przyczyniają się do zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania konstrukcji i potencjalnego zmniejszenia kosztów eksploatacji, a poprawa wytrzymałości i trwałości materiałów budowlanych poprzez dodatek nanomateriałów może skutkować zmniejszeniem ich wpływu na środowisko dzięki ograniczeniu zużycia surowców naturalnych oraz częstotliwości napraw i renowacji.

Wśród mnogości dostępnych nanomateriałów, dużą uwagę poświęca się materiałom węglowym. Dzięki bardzo wysokiej wytrzymałości oraz przewodności elektrycznej znajdują one zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, również w budownictwie. Dodatek materiałów takich jak nanorurki węglowe, grafen lub nanowłókna węglowe do kompozytów cementowych pozytywnie wpływa na ich wytrzymałość i mikrostrukturę, a ponadto pozwala na nadanie im cech funkcjonalnych związanych z samodetekcją odkształceń oraz generacją ciepła i zbieraniem energii.

W niniejszej pracy doktorskiej skupiono się na wpływie dodatku komercyjnie dostępnych nanorurek węglowych na szereg cech podstawowych, jak również przewodność elektryczną oraz trwałość zapraw cementowych. Podjęto próbę opracowania optymalnego składu zaprawy cementowej ze szczególnym uwzględnieniem cech związanych z możliwością jej zastosowania jako materiału do naprawy i monitoringu konstrukcji budowlanych.

W badaniach wykorzystano zaprawy cementowe złożone z cementu portlandzkiego CEM I, piasku normowego oraz nanorurek węglowych w dawkach 0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,5% oraz 1,0% w odniesieniu do masy cementu. Wykonano dwie serie próbek: o normowych proporcjach składników oraz ze zwiększoną ilością cementu. Próbki poddano badaniom cech podstawowych takich jak: właściwości reologiczne świeżej mieszanki, skurcz wysychania, gęstość objętościowa, zawartość powietrza, nasiąkliwość, podciąganie kapilarne, wytrzymałość na zginanie i ściskanie. Zbadano również wpływ dodatku nanomateriału na mikrostrukturę oraz porowatość zapraw, a także trwałość w badaniach starzeniowych, migrację jonów chlorkowych, karbonatyzację i korozję biologiczną w środowisku ściekowym. W ramach badania możliwości nadania cech funkcjonalnych zbadano wpływ dodatku nanomateriału na przewodność elektryczną zapraw w różnym stanie nasycenia wodą.

Uzyskane wyniki wskazują na złożony wpływ dodatku nanorurek węglowych na podstawowe właściwości zapraw cementowych. Wraz ze wzrostem zawartości nanomateriału pogarszała się płynność i wytrzymałość mechaniczna badanych zapraw. Porowatość zapraw uległa zmniejszeniu, zmniejszyła się również wielkość porów, co stanowiło pozytywny wynik. Przewodność elektryczna, istotna dla zastosowania nanokompozytów cementowych jako materiałów funkcjonalnych, zgodnie z oczekiwaniami oraz wynikami prezentowanymi w literaturze wykazała silną zależność od wilgotności próbek i jedynie dla najwyższych stężeń nanorurek węglowych uzyskano stabilną przewodność elektryczną w stanie suchym. Wykonane badania związane z odpornością korozyjną kompozytów cementowych wstępnie wykazały pozytywny wpływ dodatku nanorurek węglowych na trwałość zapraw, konieczne są jednak dalsze badania w tym zakresie.

Uzyskane wyniki stanowią podstawę do dalszego rozwijania i optymalizacji składu zapraw cementowych z dodatkiem nanorurek węglowych w celu uzyskania funkcjonalnych materiałów do zastosowań w monitoringu i wzmocnieniu konstrukcji. Dalsze badania skupione będą na praktycznych zastosowaniach i możliwych aplikacjach nanokompozytów cementowych w rzeczywistych elementach konstrukcyjnych w charakterze czujnika odkształceń i uszkodzeń. Materiały tego typu mają potencjał do zmniejszenia wpływu środowiskowego materiałów budowlanych poprzez implementację w nowoczesnych miastach przyszłości.

7.07.2025 r.

Eryk Goldmann