

1. Streszczenie

Wzrastające wymagania, co do trwałości i jakości materiałów budowlanych w ostatnich kilkunastu latach sprawiają, że coraz częściej przemysł budowlany zwraca się ku nowym technologiom, w tym również w kierunku nanotechnologii. Najczęściej stosowanym w dzisiejszych czasach rozwiązaniem jest modyfikacja mikrostruktury kompozytów cementowych za pomocą nano- i mikromateriałów. Istotnym aspektem staje się zatem odpowiednie zaprojektowanie i wprowadzanie nano- i mikrododatków do matrycy cementowej, co stanowi obecnie jedną z najczęściej podnoszonych przez naukowców kwestii.

W ramach przedkładanej pracy przeprowadzono badania nad kompozytami cementowymi domieszkowanymi tlenkiem cynku. W pracy zastosowano różne formy ZnO, w tym czysty, niemodyfikowany tlenek cynku różnego pochodzenia, materiały hybrydowe z udziałem ZnO i ligniny oraz rozpuszczalnik głęboko eutektyczny z wbudowanym w strukturę tlenkiem cynku. Istotnym aspektem pracy było rozwiązanie problemu agregacji i aglomeracji cząstek nanomateriałów w kompozytach cementowych. Powstałe skupiska cząstek są przyczyną braku powtarzalności właściwości kompozytów oraz tworzenia stref o obniżonej wytrzymałości. Każdy etap badań kompozytów cementowych składał się z wszechstronnej charakterystyki fizykochemicznej obejmującej m.in.: badanie rozkładu wielkości cząstek oraz charakterystykę struktury porowatej, badania początku czasu wiązania, średnicy rozplwu, ciepła hydratacji, wytrzymałości mechanicznej i porowatości zapraw metodą porozymetrii rtęciowej oraz z zastosowaniem nieinwazyjnej tomografii komputerowej (CT). Przeprowadzono również badanie odporności na cykliczne działanie zamrażania/rozmarzania potwierdzające mrozoodporność wytworzonych materiałów kompozytowych. Finalny etap oceny dla wszystkich kompozytów stanowiły badania właściwości przeciwdrobnoustrojowych.

W wyniku przeprowadzonych prac, spośród analizowanych tlenków, wytypowano ZnO najkorzystniej działający w kompozycie cementowym (ZnO-SA), charakteryzujący się najlepszymi właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi. Zastosowanie mieszania z wykorzystaniem mieszadła magnetycznego z dodatkiem superplastyfikatora pozwoliło na jednorodne rozmieszczenie tlenku w całej objętości kompozytu. Skuteczną metodą przeciwdziałania agregacji i aglomeracji ZnO w kompozycie cementowym było również przeprowadzenie jego modyfikacji z wykorzystaniem ligniny i otrzymanie materiału hybrydowego ZnO/lignina (5:1) oraz z rozpuszczalnikiem głęboko eutektycznym otrzymując produkt DES-ZnO. Badane kompozyty cementowe zawierające ZnO (ZnO-MM+S) lub ZnO/lignina (5:1), a także DES-ZnO wyróżniały się ponadto skutecznym hamowaniem rozwoju mikroorganizmów.

2. Abstract

Increasing demands for durability and quality of construction materials in recent years have led the construction industry to increasingly turn to new technologies, including nanotechnology. The most commonly used solution today is to modify the microstructure of cement composites using nano- and micromaterials. Therefore, a key aspect is the proper design and introduction of nano- and micro-additives into the cement matrix, which is currently one of the most frequently raised issues by researchers.

The presented work investigated cementitious composites doped with zinc oxide. Various forms of ZnO were used in the study, including unmodified zinc oxide of different origins, hybrid materials containing ZnO and lignin, and deep eutectic solvents with zinc oxide embedded in the structure. An important aspect of the research was addressing the problem of aggregation and agglomeration of nanomaterial particles in cement composites. These particle clusters cause a lack of reproducibility in composite properties and the formation of zones with reduced strength. Each stage of the study on cement composites involved comprehensive physicochemical characterization, including particle size distribution and porous structure analysis, as well as tests on initial setting time, spread diameter, heat of hydration, mechanical strength and mortar porosity using mercury porosimetry and non-invasive computed tomography (CT). A freeze/thaw cycling test was also conducted to confirm the frost resistance of the produced composite materials. The final evaluation stage for all doped composites involved testing antimicrobial properties.

As a result of the conducted research, among the analyzed oxides, zinc oxide (ZnO-SA) was selected as the most effective in the cement composite, demonstrating the best antimicrobial properties. The use of magnetic stirring with the addition of a superplasticizer allowed for uniform distribution of the oxide throughout the composite. A successful method for preventing ZnO aggregation and agglomeration in the cement composite was its modification with lignin to produce the ZnO/lignin hybrid material (5:1), as well as using a deep eutectic solvent to obtain DES-ZnO product. The tested cement composites containing ZnO (ZnO-MM+S), ZnO/lignin (5:1), or DES-ZnO effectively inhibited the growth of microorganisms.