STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Rosnąca świadomość społeczna w zakresie ochrony środowiska przyczynia się do wzrostu zainteresowania nowymi technologiami i zrównoważonymi rozwiązaniami, które umożliwiają ograniczenie stężenia zanieczyszczeń w ekosystemach. Jedną z branż szczególnie odpowiedzialnych za generowanie znacznych ilości zanieczyszczeń jest sektor budowlany. Przemysł ten, ze względu na skalę zużycia surowców, emisję ditlenku węgla oraz produkcję odpadów, stoi przed wyzwaniem ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko. W odpowiedzi na te wyzwania branża budowlana coraz częściej sięga po innowacyjne podejścia, w tym rozwiązania oparte na nanotechnologii. Zastosowanie nano- i mikromateriałów w produkcji zapraw cementowych otwiera nowe możliwości w zakresie modyfikacji ich właściwości. Wprowadzenie tego typu domieszek pozwala nie tylko na poprawę parametrów użytkowych kompozytów, takich jak wytrzymałość mechaniczna, urabialność czy trwałość, ale również umożliwia nadanie materiałom zupełnie nowych funkcji. Do najważniejszych z nich należą: zdolność do samooczyszczania powierzchni, usuwania zanieczyszczeń obecnych w powietrzu i wodzie oraz właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Rozwiązania te mają potencjał do szerokiego zastosowania w przestrzeni publicznej, przyczyniając się do poprawy jakości życia oraz wspierając realizację idei zrównoważonego rozwoju w budownictwie.

Nadrzędnym celem niniejszej rozprawy doktorskiej było zaprojektowanie oraz otrzymanie materiałów hybrydowych TiO_2/lignina oraz zastosowanie tychże układów jako domieszek do zapraw cementowych lub napełniaczy do kompozytów polimerowych, z myślą o rozwoju badań w zakresie szeroko rozumianej chemii budowlanej. Pierwszy etap badań koncentrował się na wytypowaniu najbardziej odpowiedniego rodzaju tlenku tytanu(IV), który w niezmodyfikowanej postaci wykazuje obiecujące właściwości fotokatalityczne oraz korzystny wpływ na właściwości użytkowe kompozytów cementowych. Jednak TiO_2 w formie pierwotnej cechuje się głównie aktywnością w zakresie promieniowania ultrafioletowego, które stanowi jedynie około 5% promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi. W związku z tym podjęto próbę jego modyfikacji z wykorzystaniem węgla, którego źródłem był glikol etylenowy. Otrzymany w ten sposób materiał wykazywał aktywność zarówno w świetle widzialnym, jak i pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, a jego właściwości fotokatalityczne uległy wzmocnieniu. Po wprowadzeniu zmodyfikowanego TiO_2 do zaprawy cementowej uzyskano kompozyt o rozszerzonych funkcjonalnościach, tj.: (*i*) zdolności do degradacji zanieczyszczeń, zarówno w obecności światła widzialnego, jak

i promieniowania ultrafioletowego, (*ii*) podwyższonej czystości mikrobiologicznej oraz (*iii*) zwiększonej wytrzymałości mechanicznej. Niemniej jednak relatywnie rozwinięta powierzchnia właściwa TiO_2, sprzyjała adsorpcji cząsteczek wody, co negatywnie wpływało na urabialność zaprawy cementowej. Dodatkowo, obserwowano tendencję cząstek tlenku do agregacji i aglomeracji w matrycy cementowej, a powstałe skupiska stanowiły lokalne defekty strukturalne, obniżające właściwości mechaniczne kompozytu.

W związku z ograniczeniami wynikającymi ze stosowania samego TiO_2, w kolejnym etapie badań podjęto próbę wytworzenia materiałów hybrydowych, w których komponent nieorganiczny stanowił tlenek tytanu(IV) (w formie pierwotnej, zmodyfikowanej węglem lub jako element układu tlenkowego TiO_2-SiO_2), natomiast część organiczną tworzyła lignina kraft. Wybór tego biopolimeru podyktowany był jego dostępnością, jako produktu odpadowego przemysłu celulozowo-papierniczego, zdefiniowanymi właściwościami uplastyczniającymi oraz zdolnością do tworzenia trwałych połączeń z tlenkami nieorganicznymi. Do otrzymania materiałów hybrydowych zastosowano metodę mechaniczną wyróżniającą się brakiem konieczności użycia rozpuszczalników, minimalnym stopniem generowania odpadów, znaczną czystością produktu końcowego oraz stosunkowo niewielkimi kosztami operacyjnymi. Skuteczność wykorzystanej metody potwierdzono między innymi z użyciem analizy widm FTIR, która pozwoliła zaklasyfikować otrzymane układy jako nieorganiczno-organiczne materiały hybrydowe klasy I. W dalszej części badań materiały te wykorzystano jako domieszki do kompozytów cementowych. Oceniono ich wpływ na właściwości świeżej oraz stwardniałej zaprawy, w tym na: urabialność, mikrostrukturę, porowatość oraz wytrzymałość na ściskanie po 3 i 28 dniach hydratacji. Dowiedziono ponadto, że kompozyty zawierające układy hybrydowe TiO_2/lignina wykazują nie tylko właściwości przeciwdrobnoustrojowe, ale również zdolność do degradacji zanieczyszczeń organicznych.

W toku badań sformułowano również istotny wniosek dotyczący optymalizacji zawartości ligniny w strukturze materiału hybrydowego. Zbyt wysoka jej koncentracja może prowadzić do nadmiernego napowietrzenia zaprawy cementowej podczas mieszania, co z kolei skutkuje zwiększoną porowatością i obniżeniem parametrów wytrzymałościowych kompozytu.

Równolegle wykazano, że otrzymane materiały hybrydowe mogą być z powodzeniem stosowane jako napełniacze do kompozytów polimerowych, zarówno na bazie żywicy epoksydowej, jak i polietylenu o niskiej gęstości, poprawiając ich właściwości użytkowe i środowiskowe. Na podstawie uzyskanych rezultatów sformułowano również wniosek, że obecność ligniny w strukturze materiału hybrydowego sprzyja lepszej dyspersji nanocząstek TiO_2 w matrycy kompozytu, co przekłada się na bardziej jednorodny rozkład fazy

nieorganicznej i może pozytywnie wpływać na właściwości funkcjonalne oraz mechaniczne otrzymanego produktu końcowego.

…….

(data i podpis autora rozprawy)