

Opracowanie złożonych struktur nanometrycznych do kształtowania właściwości osłonowych i reologicznych mieszanek stosowanych w technologii druku 3D kompozytów cementowych

Druk 3D, zwany również wytwarzaniem przyrostowym, to technologia polegająca na budowaniu trójwymiarowych obiektów metodą warstwa po warstwie bez użycia szalunków i wibracji. Złożone geometrie, takie jak trójwymiarowe struktury z podcięciami lub wnękami, są zwykle niemożliwe do wykonania przy użyciu konwencjonalnych technologii, takich jak frezowanie, toczenie lub odlewanie, lub są możliwe tylko po nieproporcjonalnie wysokich kosztach. Obecnie każdy model, który można skonstruować w programie 3D CAD, można wyprodukować za pomocą technologii wytwarzania przyrostowego. W ostatnich latach istnieje duże zainteresowanie drukiem 3D kompozytów cementowych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań specjalnych, takich jak produkcja elementów żaroodpornych i osłonowych dla szpitali, obiektów bezpieczeństwa, ochronnych i jądrowych.

Betony stosowane w technologii druku 3D znacznie różnią się od betonów tradycyjnych ze względu na znaczny udział drobnych frakcji oraz braku kruszywa gruboziarnistego w składzie. Właściwości reologiczne mieszanki do druku 3D są krytycznym aspektem wpływającym na właściwości kompozytów do druku 3D, dlatego nawet niewielka modyfikacja składu mieszanki może spowodować problemy z wytłaczaniem na drukarce 3D. Stwierdzono, że nanomateriały, ze względu na ich wyjątkową reaktywność chemiczną i korzystny wpływ na właściwości reologiczne, są odpowiednie do stosowania w składzie mieszanek do drukowania.

Stwierdzono, że do wytworzenia elementów chroniących przed promieniowaniem zastosowanie domieszek nanometrycznych przynosi znakomite efekty. Jednak większość dodatków o dużej gęstości ma wyjątkowo niską zdolność wiązania z zaczynem cementowym i negatywnie wpływa na właściwości reologiczne kompozytów. Dlatego pojawia się pytanie:

Jak poprawić immobilizację nanocząstek wykorzystywanych do ekranowania promieniowania w matrycy cementowej, aby nadawały się do druku 3D?

Rozwiązaniem tego problemu jest wprowadzenie nowatorskich dodatków, takich jak złożone nanostruktury, które pozwalają na dostosowanie (kontrolę) właściwości drukowanych kompozytów. Do tej pory brak jest wiedzy na temat dodatków poprawiających zdolność ekranowania promieniowania betonów do druku 3D. Jest to zatem pierwszy tego rodzaju projekt w tej dziedzinie.

Celem projektu jest opracowanie bezołowiowej złożonej nanostruktury do poprawy zdolności ekranowania (promieniowania gamma i neutronowego) oraz właściwości reologicznych mieszanek cementowych do druku 3D. Aby osiągnąć ten cel poprzez podejście „bottom-up”, zostanie opracowana nanostruktura złożona z tlenku bizmutu (Bi_2O_3), tlenku gadolinu (Gd_2O_3) i tlenku krzemu (SiO_2) (rysunek poniżej).

Ogólnym celem tej pracy jest połączenie materiałów: o dużej gęstości (wysoka liczba atomowa Z) potrzebnej do tłumienia promieniowania gamma (Bi_2O_3), o wysokim prawdopodobieństwie interakcji celem spowolnienia neutronów (Gd_2O_3) oraz materiału poprawiającego wbudowanie nanostruktury w matrycy cementowej (SiO_2). Poprzez dostosowanie zawartości nano- SiO_2 (grubości otoczki) w nanostrukturze można zoptymalizować (kontrolować) właściwości reologiczne mieszanki do druku.

Aby zrozumieć skutki wytworzonych nanostruktur, wdrożony zostanie obszerny plan badawczy, obejmujący badania hydratacji, reologiczne, mechaniczne i termiczne materiałów do drukowania. Ponadto zostaną zastosowane techniki obrazowania 2D i 3D, takie jak rentgenowska mikro-tomografia komputerowa, aby zrozumieć wpływ wytworzonych nanostruktur na mikrostrukturalne właściwości drukowanych elementów. Pozwoli to zrozumieć, jak nanocząsteczki modyfikują mikrostrukturę kompozytu i wpływają na strukturę porów wewnątrz próbki. Na koniec zostaną przeprowadzone kompleksowe badania doświadczalne i teoretyczne zdolności ekranowania promieniowania gamma i neutronowego drukowanych elementów. Na podstawie uzyskanych wyników rozpoznane zostanie, jaki jest najbardziej optymalny proces syntezy nanostruktur, a także jaka jest optymalna zawartość nanostruktur, która jest korzystna dla poprawy zdolności ekranowania i odporności termicznej drukowanych kompozytów.

Poprzez proponowany plan badań zostanie ustalone podstawowe naukowe zrozumienie relacji między projektem, materiałem, procesem i materiałem do druku. Dlatego w efekcie zostanie opracowany złożony wielofunkcyjny dodatek do kompozytów cementowych do zastosowania w technologii druku 3D.

Proponowany projekt badawczy będzie realizowany w interdyscyplinarnej międzynarodowej grupie badawczej złożonej z ekspertów w dziedzinie reologii (Niemcy), ochrony przed promieniowaniem (Arabia Saudyjska) i mikrotomografii komputerowej (Korea Południowa).