

Streszczenie

Tematem niniejszej rozprawy doktorskiej jest kinetyka procesu krystalizacji wody zawartej w porowatych materiałach budowlanych. Otrzymane wyniki pozwalają zidentyfikować parametry równania kinetycznego opisującego przemianę fazową wody, a także określić ilość lodu powstającego w porach, co może mieć kluczowe znaczenie w przypadku materiałów użytkowanych w strefach klimatycznych charakteryzujących się dużymi wahaniami temperatury.

Rozprawa podzielona jest na trzy główne części. W pierwszym rozdziale przedstawiono cel i zakres pracy, a także przyjęte hipotezy badawcze. Postawione tezy dotyczą mechanizmu krystalizacji wody wypełniającej szkielet porowatych materiałów budowlanych, wpływu kinetyki tego procesu na odkształcenia powstające w betonie oraz możliwości zastosowania równania Gibbsa-Thompsona do analizy mikrostruktury kompozytów cementowych.

Drugą część stanowi teoretyczny opis zagadnień analizowanych w ramach rozprawy doktorskiej. Przedstawiono ogólną charakterystykę materiałów porowatych wraz z opisem metod eksperymentalnych pozwalających na analizę ich mikrostruktury. Opisano podstawowe prawa dotyczące termodynamicznej równowagi międzyfazowej, mechanizmy krystalizacji wody, a także teoretyczne podstawy kinetyki przemian fazowych. Przedstawiono również mechanizmy zniszczenia mrozowego kompozytów cementowych, a także procedury normowe służące do oceny degradacji materiału spowodowanej cyklicznym zamarzaniem wody.

W części trzeciej niniejszej rozprawy opisano wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Rozdział rozpoczyna się od charakterystyki badanych materiałów oraz zastosowanych technik eksperymentalnych. W niniejszej części opisano analizę kinetyki zamarzania wody zawartej w materiale porowatym, przeprowadzoną za pomocą różnicowej kalorymetrii skaningowej. W pierwszej kolejności przedmiotem badań był żel krzemionkowy, który charakteryzuje się unimodalnym rozkładem porów. Następnie analiza kinetyczna wykonana została dla zaczynu cementowego o wskaźniku wodno-cementowym równym 0.5. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły ustalić parametry równań kinetycznych opisujących przemiany płynu wypełniającego poszczególne materiały. Kolejnym etapem badań eksperymentalnych była analiza termiczna zaczynu cementowego będącego w stanie częściowego nasycenia. Otrzymane wyniki pozwoliły wnioskować o mikrostrukturze badanego materiału oraz właściwościach cieczy

wypełniającej pory kapilarne i żelowe. Ostatni etap badawczy stanowiła analiza wpływu szybkości chłodzenia na stan odkształcenia betonu w pełnym nasyceniu wodą. Eksperyment został zrealizowany za pomocą systemu czujników tensometrycznych rejestrujących odkształcenie badanych próbek w dwóch prostopadłych kierunkach. Dodatkowo, przeanalizowano wpływ kinetyki krystalizacji wody znajdującej się w porach betonu na odkształcenie materiału.

Rozprawa zakończona jest wnioskami, w których podsumowano argumenty potwierdzające postawione hipotezy badawcze. Wyniki analizy kinetyki krystalizacji wody w materiałach porowatych wskazują, iż na początku dominującym zjawiskiem jest zarodkowanie homogeniczne. Następnie, wraz z rozwojem powierzchni kolejnych kryształów, główny mechanizm zmienia się w nukleację homogeniczną. Ponadto, wyniki badań wskazują, iż zawartość licznych jonów silnie wpływa na właściwości roztworu wypełniającego materiały cementowe. Dlatego też bezpośrednie zastosowanie wzoru Gibbsa-Thompsona w odniesieniu do systemu porów w kompozytach cementowych może prowadzić do pewnych niedokładności. W ostatnim rozdziale przedstawiono również kolejne kierunki badań, które zamierza podjąć autor niniejszej rozprawy.

Praca zawiera trzy załączniki. W pierwszym z nich przedstawiono parametry analizowanych modeli kinetycznych poszczególnych przemian fazowych. W drugim załączniku zawarte są wyniki badań dotyczących charakterystyki roztworu wypełniającego pory kompozytów cementowych. W trzecim załączniku porównano wyniki badań mikrostruktury zaczynu cementowego uzyskanych za pomocą trzech różnych technik eksperymentalnych.