

## **PRACA DOKTORSKA**

### **Kształtowanie podstawowych właściwości zapraw geopolimerowych z krzemionkowych popiołów lotnych**

**mgr inż. Mateusz Sitarz**

**Opiekun naukowy: dr hab. inż. Izabela Hager, prof. PK**

**Promotor pomocniczy: dr inż. Tomasz Zdeb**

**Kraków, 2022**

#### **Streszczenie:**

Głównym celem przedstawionych w pracy badań było określenie możliwości wytwarzania spoiw bezcementowych z lokalnie występujących odpadów poprocesowych – popiołów lotnych krzemionkowych. Spoiwa te są uzyskiwane metodą aktywacji glinokrzemianów w środowisku alkalicznym. Zabieg ten pozwala na uzyskanie trwałych spoiw mineralnych w procesie geopolimeryzacji, które w wybranych zastosowaniach mogą zastąpić spoiwa cementowe.

Wykonany przegląd literaturowy określił aktualny stan techniki i pozwolił autorowi na wskazanie kierunków zastosowań tych kompozytów, do których należy niewątpliwie odporność na działanie wysokiej temperatury i możliwość immobilizacji metali ciężkich.

W badaniach stosowano jako prekursor krzemionkowy popiół lotny oraz dodatek mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego. Wszystkie składniki zostały szczegółowo zidentyfikowane i opisane pod względem właściwości fizycznych, składu tlenkowego, wielkości cząstek. Określono ilość prekursora i aktywatora oraz kolejność i sposób mieszania składników, w celu uzyskania najkorzystniejszych właściwości fizycznych i mechanicznych.

Mieszanie tych surowców w odpowiednich proporcjach pozwoliło na opracowanie składów pozwalających spoiwom wiązać w temperaturze pokojowej, bez konieczności stosowania ogrzewania inicjującego proces geopolimeryzacji i twardnienia. To rozwiązanie wyróżnia się na tle innych opisanych w literaturze mieszanek geopolimerowych jako mniej energochłonne i poszerzające znacząco możliwości zastosowań.

Wykonano serię zaczynów i zapraw geopolimerowych, określając właściwości mieszanek i stwardniałych kompozytów. Określono doświadczalnie czasy wiązania i właściwości reologiczne zaczynów a dla zapraw przedstawiono ich charakterystykę reologiczną. Jak pokazały badania stosowanie odpowiedniej ilości żużla pozwala na regulowanie czasu wiązania badanych kompozytów. Jednak jak pokazały badania reologiczne, badania skurczu i obserwacje mikrostrukturalne istnieje konieczność ograniczenia ilości żużla ze względu na problemy wynikające z szybkiej utraty urabialności mieszanki oraz dużą intensywność skurczu powodującą mikrouszkodzenia tekstury matrycy geopolimerowej.

Określono dynamikę rozwoju wytrzymałości kompozytów o różnym składzie określając szczegółowo charakterystykę właściwości fizycznych i relacje istniejące między składem i właściwościami kompozytów. W pracy wskazano na różnice we właściwościach wynikające ze stosowania aktywatora z sodowym i potasowym roztworem alkalicznym.

Ponadto w pracy określono charakterystyki opracowanych materiałów wpływające na jego trwałość: nasiąkliwość, porowatość, przepuszczalność dla gazów w tym również zmiany przepuszczalności wynikające z jego zarysowania.

Ze względu na duży potencjał możliwości aplikacyjnych kompozytów tego typu jako materiałów ochrony przeciwpożarowej w pracy zajęto się określeniem zmiany właściwości fizycznych i mechanicznych jakie występują podczas ogrzewania. Przeprowadzone badania pozwoliły na wskazanie składów najkorzystniej zachowujących się w wysokiej temperaturze. Badania DTA, TGA, obserwacje w mikroskopie wysokotemperaturowym oraz badania dylatometryczne pozwoliły na rozpoznanie przyczyn obserwowanych zmian charakterystyk ogrzewanych materiałów.

W pracy zajęto się również zagadnieniem związanym z oceną zdolności matrycy geopolimerowej do immobilizacji metali ciężkich pokazując, iż proces geopolimeryzacji może stanowić efektywny sposób wbudowywania kationów metali ciężkich w strukturę geopolimeru, ograniczając możliwość ich wymywania do środowiska naturalnego.