

mgr inż. Przemysław Suchecki

Synteza i właściwości kompozytów o osnowie geopolimerowej

Geopolimery są nową klasą materiałów zaliczanych do polimerów nieorganicznych. Do ich produkcji wykorzystuje się substraty bogate w krzem i aluminium (np. kaoliny, puzzolany), które pod wpływem wysoko alkalicznego środowiska ulegają rozpuszczeniu, a następnie polimeryzacji. Rezultatem jest otrzymanie materiału o cechach z pogranicza ceramiki i polimeru. Głównym atutem geopolimerów jest ich naturalna niepalność, w związku z tym mogą stanowić ciekawą alternatywę dla tradycyjnych polimerów organicznych.

Celem niniejszej pracy było opracowanie warunków syntezy geopolimeru o wysokim stosunku atomowym Si:Al (powyżej 15) nadającego się na osnowę kompozytu oraz wytworzenie kompozytów o osnowie geopolimerowej o właściwościach mechanicznych i cieplnych konkurencyjnych dla kompozytów polimerowych. W ramach pracy zbadano relacje pomiędzy parametrami utwardzania geopolimeru, wprowadzonym zbrojeniem, a jego właściwościami mechanicznymi i cieplnymi. Porównano właściwości mechaniczne i cieplne wytworzonych geopolimerów z komercyjnie dostępnymi żywicami epoksydowymi o nazwie handlowej Epidiany.

Zakres badań rozprawy doktorskiej obejmował: charakterystykę substratów użytych do wytworzenia kompozytów geopolimerowych, określenie zależności pomiędzy czasem mieszania żywicy geopolimerowej, ilością i rodzajem utwardzacza oraz temperaturą utwardzania, a właściwościami geopolimeru, określenie właściwości mechanicznych (statyczna próba ściskania) wytworzonych geopolimerów, ich skurczu liniowego oraz obserwacje makroskopowe i mikroskopowe ich powierzchni. Na wybranych próbkach wykonano mikrotomografię oraz badania właściwości cieplnych (analiza termogravimetryczna, mikrokalorymetria, badanie stabilności cieplnej, test palności czy przewodnictwo cieplne). Uzyskane wyniki porównano z analogicznymi badaniami przeprowadzonymi na próbkach utwardzonych z komercyjnie dostępnych żywic epoksydowych. Na podstawie przeprowadzonych badań wytypowano optymalny geopolimer nadający się na osnowę kompozytu.

W dalszej części pracy określono wpływ rodzaju zbrojenia na właściwości kompozytów geopolimerowych. Jako zbrojenie zastosowano materiały pochodzenia naturalnego: płatki bawełniane, granulaty szklane z recyklingu, włókno bazaltowe lub lniane. Wytworzone kompozyty geopolimerowe poddano ponownej charakteryzacji, którą rozszerzono o obserwacje SEM ich przełomów. Nieznaczną poprawę właściwości mechanicznych w porównaniu do geopolimeru bez dodatków uzyskano jedynie dla płatków bawełnianych i zmodyfikowanego włókna bazaltowego. Wszystkie kompozyty geopolimerowe wykazały wyższą stabilność cieplną niż żywice epoksydowe, ale dodatek włókien naturalnych o małej stabilności cieplnej zmniejszył tę właściwość w porównaniu do niezbrojonego geopolimeru.

Słowa kluczowe: geopolimery, kompozyty o osnowie geopolimerowej, właściwości cieplne, właściwości mechaniczne

Synthesis and properties of geopolymer matrix composites

Geopolymers are a new class of materials classified as inorganic polymers. They are fabricated from substrates rich in silicon and aluminium (e.g. kaolins, puzzolans), which are dissolved in an alkaline solution and then polymerized. As a result, a material exhibiting some properties typical for ceramics and some of polymers is obtained. The main advantage of geopolymers is their natural fire resistance, therefore they can be an interesting alternative to traditional organic polymers.

This work aimed to develop conditions for synthesizing a geopolymer with a high Si:Al atomic ratio (above 15) suitable for a composite matrix and to produce geopolymer matrix composites with mechanical and thermal properties competitive with polymer composites. The influence of geopolymer hardening parameters and introduced reinforcement on the mechanical and thermal properties were examined. The mechanical and thermal properties of geopolymers were compared with commercially available epoxy resins.

The scope of research of the PhD thesis includes: the characterization of the substrates used to produce geopolymer composites, determining the relationship between the mixing time of the geopolymer resin, the amount and type of hardener and the hardening temperature, and the properties of the geopolymer. Moreover, mechanical properties (compressive strength) of the produced geopolymers and their linear shrinkage were investigated and supplemented with the observations of their surfaces. Microtomography and thermal properties tests (thermogravimetric analysis, microcalorimetry, thermal stability test, flammability test, and thermal conductivity test) were also performed on selected samples. The results were compared with those obtained in analogous tests on samples hardened from commercially available epoxy resins. Based on the conducted research, the optimal geopolymer suitable for the composite matrix was selected.

Further in the work, the influence of the type of reinforcement on the properties of geopolymer composites was determined. Materials of natural origin were used as reinforcement, i.e. cotton flakes, recycled glass granulate, basalt or linen fibres. The produced geopolymers composites were subjected to compression test and their fracture surfaces were observed using scanning electron microscopy. A slight improvement in mechanical properties compared to the geopolymer without additives was achieved only for cotton flakes and modified basalt fibres. All geopolymer composites showed higher thermal stability than epoxy resins, although the addition of natural fibres reduced their thermal stability in comparison with the unreinforced geopolymer.

Keywords: geopolymers, geopolymer based composites, thermal properties, mechanical properties