

STRESZCZENIE

Badanie fizykochemicznych właściwości materiałów porowatych otrzymywanych metodą mechanochemiczną

Prezentowana rozprawa doktorska jest poświęcona badaniom właściwości fizykochemicznych węgli aktywnych, materiałów grafenowych, tlenków metali, kompozytów tlenek metalu-węgiel i struktur metalo-organicznych otrzymanych metodą mechanochemiczną. Praca składa się z dwóch części: teoretycznej i doświadczalnej. W części teoretycznej opisano mechanochemiczne metody otrzymywania materiałów porowatych oraz przedstawiono charakterystykę wybranych grup materiałów porowatych, w tym w szczególności materiałów otrzymanych metodą mechanochemiczną. Dokonano również przeglądu właściwości adsorpcyjnych tych materiałów względem dwutlenku węgla i wodoru. Następnie przedstawiono główne cele pracy, których realizację opisano w części doświadczalnej. Przedstawiono również krótki opis stosowanej aparatury, odczynników chemicznych i technik badawczych. Wykorzystując młynek kulowy otrzymano pięć różnych rodzajów materiałów porowatych: węgle aktywne, materiały grafenowe, tlenki glinu, kompozyty tlenek glinu-węgiel i struktury metalo-organiczne (MOF-303, ZIF-8, UiO-66, CuBTC). W pracy przedstawiono szczegółowe opisy syntez wszystkich otrzymywanych materiałów. Morfologię tych materiałów zobrazowano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej, a wybranych materiałów również z wykorzystaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Charakterystykę strukturalną wykonano na podstawie niskotemperaturowych izoterm adsorpcji azotu i dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, ponadto wyznaczono pojemności adsorpcyjne otrzymanych materiałów względem dwutlenku węgla i wodoru. W trakcie realizacji pracy doktorskiej otrzymano z naturalnego prekursora wysoko porowate węgle aktywne o powierzchni właściwej powyżej 3000 m²/g, porowaty materiał grafenowy poprzez mechaniczne zwiększenie odległości pomiędzy warstwami w graficie, porowate tlenki glinu z zachowaną fazą δ w wysokich temperaturach, a także po raz pierwszy wykorzystano mielenie kulowe do syntezy MOF-303. Wykazano, że wspomagana mieleniem kulowym synteza struktur metalo-organicznych przyczynia się do uzyskania większej porowatości w porównaniu z analogicznymi materiałami otrzymanymi metodami bazującymi na syntezie w roztworach. Część doświadczalną podsumowano i przedstawiono wnioski. Na końcu rozprawy przedstawiono wykaz literatury (272 pozycji), z której korzystano zarówno podczas pisania części teoretycznej, jak i dyskusji na temat wyników badań. Dodatkowo przedstawiono listę prac opublikowanych w trakcie realizacji pracy doktorskiej - łącznie 10 artykułów przeglądowych i badawczych.

SUMMARY

Investigation of physicochemical properties of porous materials synthesized by mechanochemical methods

The presented doctoral dissertation is devoted to the physicochemical properties of activated carbons, graphene-based materials, metal oxides, metal oxide-carbon composites and metal-organic structures obtained by mechanochemical methods. The work consists of two parts: theoretical and experimental. The theoretical part describes the mechanochemical methods of obtaining porous materials and the characteristics of selected groups of porous materials, in particular those obtained using mechanochemical methods. The adsorption properties of these materials towards carbon dioxide and hydrogen were also reviewed. Then, the main objectives of the work were presented, which were fulfilled in the experimental part. A brief description of the research equipment, chemical reagents and research techniques used is also presented. Five different groups of porous materials were synthesized via ball milling-assisted procedures: activated carbons, graphene materials, aluminum oxides, aluminum oxide-carbon composites and metal-organic structures (MOF-303, ZIF-8, UiO-66, and CuBTC). The dissertation presents detailed descriptions of the syntheses of all samples obtained. Morphology of the materials was performed by using scanning electron microscopy, and for selected materials transmission electron microscopy was also used. Structural characterization was performed on the basis of low-temperature nitrogen adsorption isotherms and X-ray diffraction, and adsorption capacities of the obtained materials toward carbon dioxide and hydrogen were also determined. During the doctoral thesis, the following materials were synthesized: highly porous activated carbons from a natural precursor with a specific surface area above 3000 m²/g; porous graphene-based material by mechanically increasing the distance between layers in graphite; porous aluminum oxides with retained δ phase at high temperatures; and ball milling was used for the first time to synthesize MOF-303. It has been shown that the ball milling-assisted synthesis of metal-organic structures leads to higher porosity compared to analogous materials obtained using solution-based methods. The experimental part is summarized, and conclusions are presented. At the end of the dissertation, references (272 items) were presented, which were used during writing the theoretical part and discussing the research results. Additionally, a list of papers published during the realization of the doctoral dissertation was presented – 10 reviews and research articles in total.