

Problemy wykorzystania odpadów w produkcji materiałów budowlanych w badaniach Zakładu Inżynierii Materiałowej IMMB w Opolu

1. Wstęp

Problemy wykorzystania surowców odpadowych i odpadów przemysłowych pojawiają się w pracach naukowo-badawczych i wdrożeniowych prowadzonych w Zakładzie Inżynierii Materiałowej IMMB w Opolu od dawna. Nawiązując do prac o znaczeniu już historycznym w Zakładzie Technologii Produkcji Kompleksowych, który przekształcił się w obecny Zakład Inżynierii Materiałowej, tematyka badawcza koncentrowała się na opracowaniu kompleksowej produkcji tlenku glinowego i cementu, opartej na wykorzystaniu nieboksytowych surowców odpadowych takich jak popioły lotne ze spalania węgla brunatnego o dużej zawartości tlenu glinu, odpadowe ropy czy łupki przywęglowe. Odpadowy szlam poekstrakcyjny zawierający głównie ortokrzemian wapniowy w fazie g wykorzystywany był do produkcji klinkieru cementu. W tym okresie powstało wiele cennych prac dotyczących polimorfizmu krzemianu dwuwapniowego, glinianów wapniowych, procesów ich ekstrakcji, filtracji i kalcynacji. Organizatorem oraz pierwszym kierownikiem tego zakładu jak i koordynatorem ważnego dla gospodarki narodowej problemu węzłowego dotyczącego rozwoju produkcji kompleksowej tlenku glinowego i cementu był prof. dr inż. Bronisław Weryński. (1)

Osiągnięcia to przede wszystkim ludzie, którzy decydowali o poziomie naukowym Instytutu i których prace opublikowane w czasopiśmie naukowych tworzyły obraz Instytutu. Z grona pracowników, którzy mają szczególny wkład w tworzenie wizerunku Instytutu wymienić należy przede wszystkim prof. dr hab. Stefanię Grzeszczyk, dr inż. Zbigniewa Giergicznego oraz dr inż. Annę Weryńską. Podjęte pod ich kierunkiem badania z zakresu reologii zaczynów cementowych, trwałości stwardniałych spoiw zawierających odpady, racjonalnej gospodarki odpadami, do dzisiaj są aktualne, a w związku z wstąpieniem do Unii Europejskiej nabierają szczególnego znaczenia.

Do prac o znaczeniu historycznym, a wciąż aktualnych, zaliczyć można badania nad modyfikacją belitu związkami baru dla uzyskania energooszczędnego klinkieru belitowego. Badania te są kontynuowane w Zakładzie Inżynierii Materiałowej przez dr Krystynę Rajczyk, a ich wyniki zostały opublikowane w wielu czasopiśmie naukowych. (2) Natomiast rozpoczęte przez dr Zbigniewa Giergicznego badania z zakresu kontroli jakości materiałów budowlanych: betonu, betonowej kostki brukowej, zapraw budowlanych i popiołów lotnych stanowią podstawę doświadczeń z zakresu nowego podejścia Instytutu do współpracy z użytkownikami materiałów wiążących i pozwoliły na dostosowanie laboratorium badawczego Instytutu do potrzeb rynkowych.

Zakład Inżynierii Materiałowej jest zakładem szczególnym ze względu na uczestniczenie kobiet w jego zarządzaniu i zapewnieniu mu rozwoju. Z tego względu w artykule poświęconym Jubileuszowi Pięćdziesięciolecia Instytutu trzeba przypomnieć nazwiska niektórych z nich: inż. Elżbieta Kosacka, mgr inż. Anna Lewandowska-Kanas, dr inż. Marta Rosiak, dr inż. Anna Weryńska i prof. dr hab. Stefania Grzeszczyk.

2. Kierunki badań

Obecnie prowadzone prace koncentrują się przede wszystkim na następujących zagadnieniach:

- opracowanie nowych technologii spoiw hydraulicznych o małym zużyciu energii,
- wykorzystanie odpadów do produkcji spoiw wiążących i innych materiałów budowlanych ze szczególnym zwróceniem uwagi na odpady z energetyki,
- poszukiwania nowych, aktywnych dodatków pucolanowych,

- unieszkodliwianiu metali ciężkich i innych szkodliwych składników zawartych w odpadach,
- wprowadzanie europejskich standardów i norm w badaniach jakości materiałów budowlanych.

Do szczególnie ważnych prac w tym zakresie należy zaliczyć:

- immobilizacja metali ciężkich w betonie (3),
- wykorzystanie krajowych złóż kaolinowych do produkcji metakaolinitu (4, 5, 9),
- uszlachetnianie popiołów lotnych (6),
- wpływ rodzaju mikrowypełniacza mineralnego na właściwości betonu samozagęszczalnego (7),
- wykorzystanie mikrosfer zawartych w żużlu w budownictwie (8).

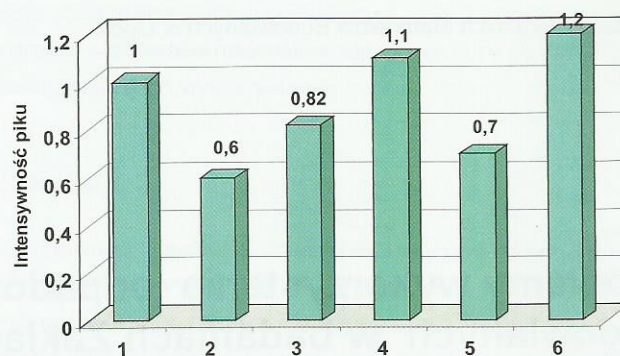
Szczególnie korzystne wyniki uzyskano przy zastosowaniu dodatku metakaolinitu do cementu. Wykazuje on bardzo dużą aktywność pucolanową (rysunek 1) oraz korzystnie wpływa na wytrzymałość zaprawy (rysunek 2).

Uzyskany poprzez obróbkę termiczną w temperaturze 800°C metakaolinit dodany do cementu, wpłynął korzystnie na wytrzymałość kompozytu szklano-cementowego oraz na zwiększenie jego trwałości w przyspieszonym teście starzenia. W porównaniu do zastosowanych w tym samym programie badań i w tej samej ilości pyłów krzemionkowych i popiołu lotnego ten dodatek okazał się bardziej skuteczny. Wytrzymałość na zginanie kompozytu zawierającego dodatek metakaolinitu wynosiła 15,9 MPa, a kompozytu wzorcowego nie zawierającego dodatku 11 MPa. Zaobserwowano również lepszą urabialność masy betonowej i zaczynu cementowego oraz zwiększenie trwałości włókien szklanych wzmacniających matrycę cementową kompozytu (rysunek 3).

Metakaolinit ze względu na swoją jasną barwę, może być doskonałym dodatkiem do farb cementowych, tynków, barwionych produktów otrzymywanych z wapna i cementu, kostki brukowej, gdyż działając jednocześnie jako aktywna pucolana zapobiega powstawaniu wykwitów wapniowych.

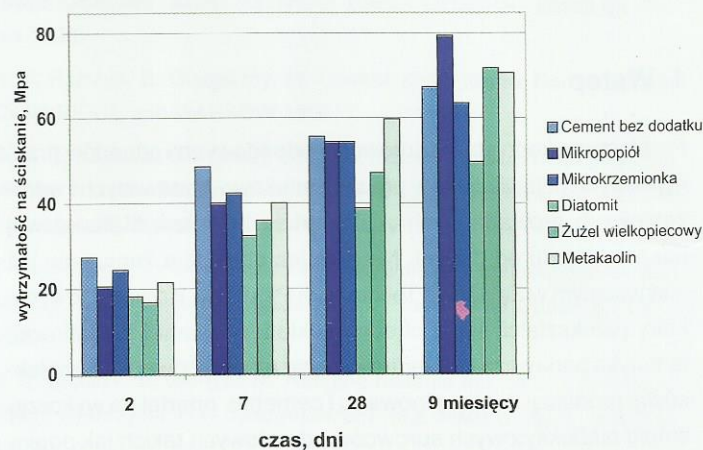
Prowadzone w Zakładzie Inżynierii Materiałowej badania nad opracowaniem betonu „dezaktywowanego”, z odsłoniętą warstwą kruszywa, wykazały że otrzymany w skali laboratoryjnej metakaolinit dodany w ilości 20% w stosunku do masy cementu wpłynął na poprawę mrozoodporności betonu przeznaczonego do produkcji nawierzchni drogowej (10).

Na podkreślenie zasługują również prace związane z uszlachetnianiem popiołów lotnych. Na przykładzie popiołów lotnych ze spalania węgla kamiennego w Elektrowni Opole wykazano, że metodą selektywnego odbioru można uzyskać aktywny dodatek pucolanowy, charakteryzujący się wysoką powierzchnią właściwą (około 800 m²/kg) oraz innymi cennymi właściwościami nazywany „mikropopiołem” (11).

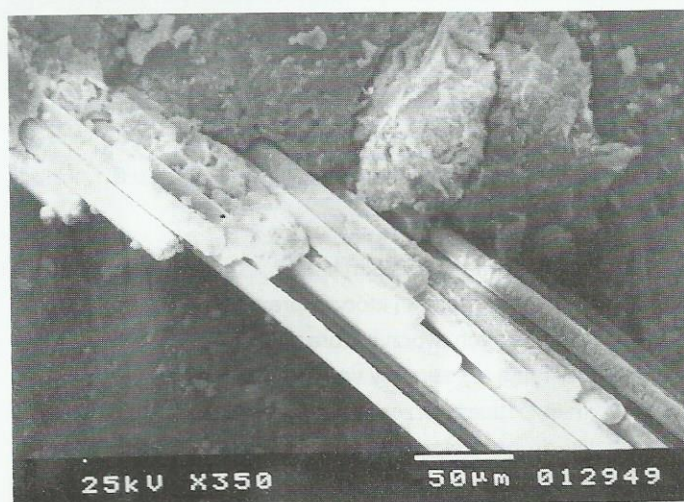


Rys. 1. Wpływ dodatków mineralnych na intensywność refleksu wodorotlenku wapniowego po 28 dniach hydratacji

1 – cementowy zaczyn standardowy, 2 – zaczyn z dodatkiem metakaolinitu, 3 – zaczyn z dodatkiem mikropopiołów, 4 – zaczyn z dodatkiem diatomitu, 5 – zaczyn z dodatkiem krzemionki aktywnej, 6 – zaczyn z dodatkiem mielonego żużla wielkopiecowego



Rys. 2. Wytrzymałość zapraw zawierających metakaolinit w porównaniu do zapraw z cementu bez dodatku i cementu z innymi dodatkami mineralnymi



Rys. 3. Włókna szklane w zaczynie cementowym z dodatkiem metakaolinitu po przeprowadzonym procesie starzenia

Mimo dużego stopnia rozdrobnienia, mikropopiół wpływa korzystnie na reologię zaczynów cementowych, konsystencję i urabialność zapraw i betonu. W przypadku stosowania mikropopiołu nie występuje, podobnie jak ma to miejsce w przypadku stosowania pyłów krzemionkowych, zwiększenie granicy płynięcia w stosunku do zaczynu cementowego bez dodatku. Dodatek mikropopiołu do betonu pozwala na znaczne zmniejszenie wskaźnika w/c przy zachowaniu wymaganej konsystencji.

Mikropopiół wykazuje dużą aktywność pucolanową. Ilość $\text{Ca}(\text{OH})_2$ związana przez mikropopiół po 28 dniach twardnienia jest tylko nieznacznie mniejsza niż w przypadku metakaolinitu lub krzemionki aktywnej.

Pomiary wytrzymałości wskazują na korzystne oddziaływanie dodatku mikropopiołu na własności mechaniczne zapraw i betonu (rysunek 5).

Na osobne omówienie zasługują prace nad termiczną obróbką popiołów. Powszechne zastosowania popiołów lotnych jako dodatku do cementu i betonu nie dotyczą popiołów z kotłów fluidalnych, które ze względu na małą zawartość krzemionki reaktywnej i zbyt duże straty prażenia nie spełniają wymagań normowych (12). Dlatego też próby uzdatnienia tych popiołów stanowią przedmiot badań podejmowanych w kraju jak i na całym świecie.

Prace przeprowadzone w Zakładzie Inżynierii Materiałowej miały na celu zmianę składu chemicznego popiołów fluidalnych przy jednoczesnym ich uaktywnieniu oraz usunięciu nie spalonego koksiku.

Wyrzwanie popiołów w temperaturze 850°C prowadzi do zmniejszenia strat prażenia wskutek spalania się składników palnych, przy równoczesnym zwiększeniu zawartości reaktywnego CaO oraz reaktywnej krzemionki. Tak uzdatniony popiół lotny z kotłów fluidalnych może być przydatny do produkcji cementów portlandzkich wieloskładnikowych.

Również popiół lotny ze spalania węgla brunatnego po wyrzwanie w temperaturze 850°C uzyskuje szereg korzystnych właściwości i może stanowić wartościowy składnik do produkcji różnego rodzaju spoiw, zapraw i tynków ozdobnych. Technologia tych spoiw jest przedmiotem dalszych badań prowadzonych w Zakładzie Inżynierii Materiałowej IMMB Opolu.

3. Działalność badawcza i usługowa Zakładu Inżynierii Materiałowej w zakresie badań jakości materiałów budowlanych

Zakład Inżynierii Materiałowej posiada duże doświadczenie w dziedzinie kontroli jakości materiałów budowlanych jak rów-



1

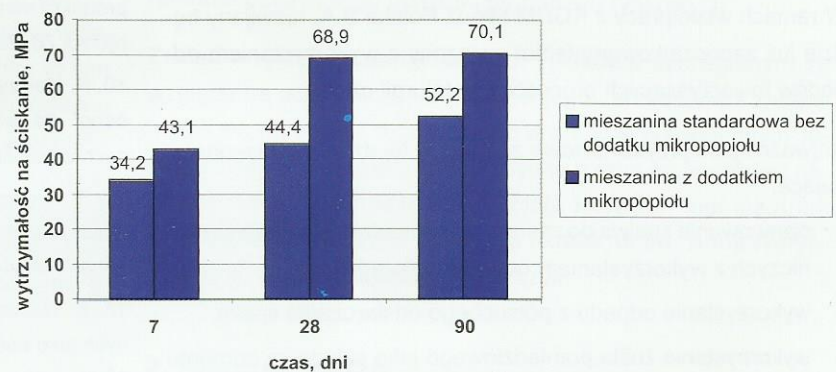


2

Rys. 4. Przykłady wykorzystania metakaolinitu w budownictwie

1 – beton dla nawierzchni drogowej z odsłoniętą warstwą kruszywa z dodatkiem metakaolinitu

2 – ozdobny tynk z dodatkiem metakaolinitu



Rys. 5 Wytrzymałość betonu z cementu zawierającego 10% mikropopiołu

niez badań w zakresie ochrony środowiska. Potwierdzeniem dobrego poziomu laboratorium jest udzielenie przez PCA w Warszawie Certyfikatu Akredytacji Laboratorium Badawczego na zgodność z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001 (Nr AB 373). Akredytowany zakres badań w dziedzinie materiałów budowlanych i środowiska obejmuje następujące materiały:

- zaprawy budowlane zwykłe,

- beton zwykły oraz beton lekki,
- suche mieszanki tynkarskie,
- popioły lotne do betonu,
- popioły lotne do cementu,
- cement,
- materiały budowlane, surowce i materiały odpadowe w zakresie badań promieniotwórczości naturalnej,
- wodę i ścieki.

Z zakresu ochrony środowiska wykonywane są dodatkowo oznaczenia zawartości metali ciężkich i innych zanieczyszczeń w wyciągach wodnych z surowców odpadowych i z odpadów przemysłowych.

4. Przyszłościowe kierunki działalności

W Zakładzie Inżynierii Materiałowej rozwijane będą w dalszym ciągu kierunki związane z wykorzystywaniem odpadów, w tym przede wszystkim ubocznych produktów spalania do produkcji materiałów budowlanych. Przewidywana jest w tym zakresie szeroka współpraca ze Stowarzyszeniem Polska Unia UPS, którego Instytut jest członkiem rzeczywistym oraz z Europejskim Stowarzyszeniem ECOBA.

Doświadczenie zebrane przez zakład stawia go w gronie jednostek przygotowanych do realizacji prac mających na celu określenie wpływu procesów współspalania i stosowania paliw alternatywnych na jakość popiołów stosowanych do produkcji cementu i betonu oraz metod aktywacji popiołów lotnych. Do prac perspektywicznych należą także: wykorzystanie popiołów fluidalnych oraz nowe, geotechniczne zastosowania popiołów.

W ramach współpracy z KGHM Miedź Polska S.A. rozwijany będzie już zapoczątkowany temat związany z wykorzystaniem odpadów towarzyszących procesom metalurgii miedzi.

Najważniejsze przyszłościowe zadania w tej dziedzinie są następujące:

- opracowanie spoiwa do zestalania podsadzki do wyrobisk górniczych z wykorzystaniem odpadu poflotacyjnego,
- wykorzystanie odpadu z półsuchego odsiarczania spalin,
- wykorzystanie żużla pomiedziowego jako składnika cementu i innych spoiw wiążących.

Oprócz wymienionych badań o charakterze użytkowym podejmowane będą również prace podstawowe zmierzające do lepszego poznania właściwości materiałów odpadowych, co pozwoli na ekonomiczniejsze ich wykorzystanie.

Literatura

1. B. Weryński, Trzydzieści lat Instytutu Przemysłu Wiążących Materiałów Budowlanych. Cement, Wapno, Gips, nr 11-12 (1984).
2. K. Rajczyk, W. Kurdowski, Spoiwo belitowe o małym zużyciu energii. Materiały budowlane - nowe kierunki w chemii i technologii. Materiały konferencyjne, Kraków, 22-23 czerwca 1999.
3. K. Rajczyk, J. Zaręba, A. Król, Wpływ rodzaju spoiwa na stopień immobilizacji metali ciężkich zawartych w szkodliwych odpadach, Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Ekologiczno - energetyczne kierunki rozwoju przemysłu materiałów budowlanych", Łądek Zdrój, 25-27 kwietnia 2001.
4. K. Rajczyk, E. Giergiczny, II Konferencja Naukowo-Techniczna Surowce kaolinowe uprogu XXI wieku, Zamek CZOCHA - Leśna k/Lubania 1998.
5. K. Rajczyk, E. Giergiczny, M. Glinicki, Brittle Matrix Composites 5. CAMBRIDGE and WARSOW 1997.
6. K. Rajczyk, E. Giergiczny, Szare w różowe - Waloryzacja popiołów lotnych z kotłów fluidalnych IX Międzynarodowa Konferencja „Popioły z energetyki”, Ustroń, 8-11 października 2002.
7. E. Giergiczny, Wpływ rodzaju mikrowypełniacza mineralnego na właściwości betonu samozagęszczalnego. Praca IMMB, Opole, grudzień 2001.
8. K. Rajczyk, E. Giergiczny. Wstępne badania mikrosfer z żużla pod kątem wykorzystania w budownictwie. Praca IMMB w Opolu, grudzień 1999.
9. K. Rajczyk, E. Giergiczny, Metakaolin jako pucolanowy dodatek do produkcji materiałów budowlanych, Ceramika. Polski Biuletyn ceramiczny, Vol.76, 2003.
10. K. Rajczyk, Opracowanie betonu specjalnego, tzw „dezaktywowanego” dla tworzenia nawierzchni terenów miejskich oraz dróg lokalnych z betonu, Opracowanie IMMB 2001.
11. K. Rajczyk, Mikropopioły jako nowy aktywny dodatek mineralny. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Popioły z energetyki”, Międzyzdroje, 13-15 października 1999.
12. K. Rajczyk, E. Giergiczny, Ocena przydatności popiołów fluidalnych jako dodatku do cementu i betonu. Prace IMMB, Nr 33/34, Opole 2002.