

STRUKTURA I PRZEMIANY FAZOWE JAKO KLUCZOWE CZYNNIKI AKTYWNOŚCI PUCOLANOWEJ SUROWCÓW ILASTYCH

Sebastian Prewendowski^{*1}, Wojciech Panna², Magdalena Szumera¹

^{*}Autor korespondencyjny: prewendo@agh.edu.pl

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, al. A. Mickiewicza 30,
30-059 Kraków.

²Akademia Tarnowska, Wydział Politechniczny, Katedra Technologii i Zarządzania
Produkcją, ul. A. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnów.

¹AGH University of Krakow, Faculty of Materials Science and Ceramics, Depart-
ment of Ceramics and Refractories, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow.

²University of Applied Sciences in Tarnow, Faculty of Engineering, Department
of Technology and Production Management, ul. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnow,
Poland.

Streszczenie

Polskie złoża surowców ilastych charakteryzują się dużą różnorodnością mineralogiczną. Wykazano ją w tej pracy i przeanalizowano dziesięć próbek z obecnie eksploatowanych złóż, obejmujących gliny bogate w illit, smektyt, kaolinit i haloizyt. Skład fazowy określono metodą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), a zmiany powierzchni właściwej metodą Brunauera–Emmetta–Teller (BET). Aktywność pucolanową oceniono natomiast za pomocą testów rozpuszczalności w roztworach alkalicznych. Celem pracy było ustalenie zależności pomiędzy składem fazowym, a reaktywnością pucolanową oraz ocena potencjału

tych surowców jako dodatki pucolanowe do cementu.

Wyniki wskazują, że kluczową rolę w aktywności pucolanowej odgrywają skład chemiczny i przemiany fazowe indukowane obróbką termiczną, a nie sama powierzchnia właściwa. Kaolinit podczas dehydroksylacji tworzy metakaolinit o najwyższej reaktywności, natomiast odpowiednio aktywowane smektyty mogą osiągać porównywalne wyniki pod warunkiem zapewnienia dostępności reaktywnych warstw tetraedrycznych [1]. Dla surowców bogatych w kaolinit obserwuje się jedynie niewielki spadek BET przy prażeniu ~700°C, co

sugeruje, że zmiana aktywności jest związana głównie z przemianami strukturalnymi, a nie ze zmianą powierzchni właściwej. W przypadku smektytów i illitu prażenie powoduje silniejszy spadek powierzchni BET wskutek utraty wody międzywarstwowej i zapadania się struktury [2]. Jednocześnie dehydroksylacja generuje amorficzne fragmenty tetraedrów, które mogą reagować z $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dalsze zmniejszenie BET w zakresie $850^\circ\text{--}950^\circ\text{C}$ wynika z działania tzw. tlenków topiących (K_2O , Na_2O , CaO , MgO , TiO_2 , Fe_2O_3),

które nasilają spiekanie i zamykanie porów. W badaniach również wykazano, że obecność amorficznej krzemionki (opal-A) poprawia wiązanie CaO .

Badania podkreślają potencjał tych złóż jako dostępnych, uzupełniających bazę zasobową dodatków cementowych (SCM), które mogą usprawnić zrównoważone praktyki produkcyjne i zmniejszyć zależność od konwencjonalnego cementu, co konsekwencji przyczynia się do zmniejszenia śladu węglowego.

Słowa kluczowe: Minerale ilaste, Aktywność puzolanowa, Obróbka cieplna, Charakterystyka surowcowa.

Keywords: Clay minerals, Pozzolanitic activity, Thermal treatment, Raw material characterization

Bibliografia / Citations

N. Garg and J. Skibsted, "Pozzolanitic reactivity of a calcined interstratified illite/smectite (70/30) clay," *Cement and Concrete Research* 79 (2016): 101–111, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.08.006>

W. Li, C. Jiang, Q. Zhang, and S. Li, "Evaluation of pozzolanitic and alkali-activated reactivity of low-purity calcium bentonite," *Materials* 15, no. 22 (2022): 8015, <https://doi.org/10.3390/ma15228015>

STRUCTURE AND PHASE EVOLUTION AS PRIMARY DRIVERS OF POZZOLANIC FUNCTIONALITY IN CLAY MATERIALS

Abstract

Polish clay deposits exhibit significant mineralogical diversity. It was demonstrated in this study and ten samples from currently exploited deposits were analyzed, including clays rich in illite, smectite, kaolinite, and halloysite. The phase composition was determined by X-ray diffraction (XRD), while changes in specific surface area were measured using the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method. Pozzolan activity was assessed through solubility tests in alkaline solutions. The aim was to establish the relationships between phase composition and pozzolan reactivity, as well as to evaluate the potential of these raw materials as supplementary cementitious materials (SCMs).

The results indicate that the key factors controlling pozzolan activity are chemical composition and phase transformations induced by thermal treatment, rather than specific surface area. During dehydroxylation, kaolinite transforms into metakaolinite, exhibiting the highest reactivity, whereas properly activated smectites can achieve comparable results, provided that the reactive tetrahedral layers remain

accessible [1]. For kaolinite-rich raw materials, only a slight decrease in BET surface area is observed upon calcination at $\sim 700^{\circ}\text{C}$, suggesting that changes in activity are mainly related to structural transformations rather than surface area. In smectite- and illite-rich clays, calcination causes a more pronounced reduction in BET surface area due to interlayer water loss and structural collapse [2]; at the same time, dehydroxylation generates amorphous tetrahedral fragments capable of reacting with $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Further BET reduction in the range of $850^{\circ}\text{--}950^{\circ}\text{C}$ results from the action of so-called fluxing oxides (K_2O , Na_2O , CaO , MgO , TiO_2 , Fe_2O_3), which promote sintering and pore closure. The presence of amorphous silica (opal-A) enhances CaO binding and explains the differences in pozzolan performance among 2:1 type clay materials.

The study highlights the potential of these deposits as locally available supplementary cementitious materials (SCMs), which can support sustainable construction practices and reduce dependence on conventional cement, thereby contributing to a lower carbon footprint.