

KARBONATYZACJA KLINKIERÓW KRZEMIANOWO-WAPNIOWYCH WYTWORZONYCH Z GEZY WAPIENNEJ

Sylwia Kucharczyk, Piotr Stępień, Waldemar Pichór, K. Widlarz
kuchar@agh.edu.pl, pstepien@agh.edu.pl, pichor@agh.edu.pl,
k.widlarz04@gmail.com

Katedra Technologii Materiałów Budowlanych, Wydział Inżynierii Materiałowej
i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza, ul. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
Department of Building Materials Technology, Faculty of Materials Science
and Ceramics, AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30,
30-059 Kraków, Poland.

Streszczenie

W niniejszej pracy zbadano potencjał wypalanej gezy wapiennej (CG) jako prekursora karbonatyzujących klinkierów krzemianowo-wapniowych, oferującego ścieżkę sekwestracji dwutlenku węgla w materiałach budowlanych. CG, naturalnie występująca skała osadowa bogata w węglan wapnia i krzemionkę, została poddana obróbce termicznej w różnych temperaturach (900–1200°C) w celu wytworzenia klinkierów zawierających wollastonit, pseudowollastonit, belit i wapno.

Zsyntetyzowane klinkiery poddano wymuszonej karbonatyzacji w temperaturze 60°C i ciśnieniu 2,5 atm w celu oceny ich reaktywności i potencjału absorpcji dwutlenku węgla. Efektywność karbonatyzacji oceniono za pomocą analizy termogravimetrycznej (TGA) i dyfrak-

cji rentgenowskiej (XRD), natomiast ewolucję mikrostruktury zbadano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) i porozymetrii rtęciowej (MIP). Wyniki wskazują, że klinkiery wypalane w temperaturze 1000°C wykazywały stopień karbonatyzacji ponad 90% i wysoką wytrzymałość mechaniczną, osiągając wytrzymałość na ściskanie 106 MPa. Wytrzymałość na ściskanie pozostałych próbek wahała się między 25 MPa a 55 MPa.

Proces karbonatyzacji doprowadził do powstania faz węglanu wapnia, głównie kalcytu i waterytu. Stopień karbonatyzacji koreluje z parametrami mikrostrukturalnymi, w szczególności porowatością i rozkładem porów, a nie tylko z całkowitą zawartością CaCO_3 . Ponadto klinkiery CG wykazują znaczne mniejszy wpływ na środowisko

w porównaniu z konwencjonalnym cementem portlandzkim (PC) dzięki zmniejszeniu zarówno zużycia energii potrzebnej do produkcji klinkieru, jak i emisji CO₂ pochodzącej z rozkładu surowców (odpowiednio ~40% i ~30%) [1, 2, 3]. Odkrycia te dowodzą, że klinkiery pochodzące z CG stanowią realną i zrównoważoną alternatywę dla

konwencjonalnych spoiw cementowych, umożliwiając skuteczną sekwestrację CO₂ przy jednoczesnym zachowaniu wysokich właściwości mechanicznych. Badanie podkreśla potencjał optymalizacji procesu karbonatyzacji w celu poprawy właściwości spoiwa, co może przyczynić się do zmniejszenia śladu węglowego w sektorze budowlanym.

Słowa kluczowe: karbonatyzacja, geza wapienna, klinkiery wapniowo-krzemianowe, zrównoważone cementy, spoiwa alternatywne, karbontyzowane składniki cementu

Keywords: Carbonation, CO₂ sequestration, Calcareous gaize, Calcium silicate clinker, Sustainable cement, Alternative binders, Carbonation-based cementitious materials

Bibliografia/Citations

K.L. Scrivener, V.M. John, E.M. Gartner, Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry, *Cem Concr Res* 114 (2018) 2–26. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2018.03.015>.

M. Schneider, The cement industry on the way to a low-carbon future,

Cem Concr Res 124 (2019) 105792. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2019.105792>.

R. Kajaste, M. Hurme, Cement industry greenhouse gas emissions – management options and abatement cost, *J Clean Prod* 112 (2016) 4041–4052. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.07.055>.

PROCESSED CALCAREOUS GAIZE AS A CARBONATABLE CALCIUM SILICATE CLINKER

Sylvia Kucharczyk, Piotr Stępień, Waldemar Pichór, K. Widlarz
kuchar@agh.edu.pl, pstepien@agh.edu.pl, pichor@agh.edu.pl,
k.widlarz04@gmail.com

This study explores the potential of processed calcareous gaize (CG) as a precursor for carbonatable calcium silicate clinkers, offering a pathway for carbon dioxide sequestration in construction materials. CG, a naturally occurring sedimentary rock rich in calcium carbonate and silica, was thermally processed at varying temperatures (900-1200°C) to produce clinkers containing wollastonite, pseudowollastonite, belite, and lime.

The synthesized clinkers were subjected to forced carbonation under temperature of 60°C and pressure of 2.5 atm to evaluate their reactivity and carbon dioxide uptake potential. The carbonation efficiency was assessed using thermogravimetric analysis (TGA) and X-ray diffraction (XRD), while microstructural evolution was examined via scanning electron microscopy (SEM) and mercury intrusion porosimetry (MIP). Results indicate that clinkers fired at 1000°C exhibited degree of carbonation over 90% and mechanical strength, achieving a compressive strength of 106 MPa. The compressive strength of the

rest of the samples varies between 25 MPa and 55 MPa.

The process led to the formation of calcium carbonate phases, primarily calcite and vaterite. The degree of carbonation correlates with microstructural parameters, particularly porosity and pore distribution, rather than the total CaCO_3 content alone. In addition, CG clinkers demonstrate significantly lower environmental impact compared to conventional Portland cement (PC) by reducing both energy consumption required for clinker production and CO_2 emissions derived from raw materials decomposition (~40% and ~30% respectively). These findings demonstrate that CG-derived clinkers provide a viable and sustainable alternative to conventional cementitious binders by enabling effective CO_2 sequestration while maintaining high mechanical performance. The study highlights the potential for optimizing the carbonation process to enhance binder properties, contributing to the reduction of the carbon footprint in the construction sector.