

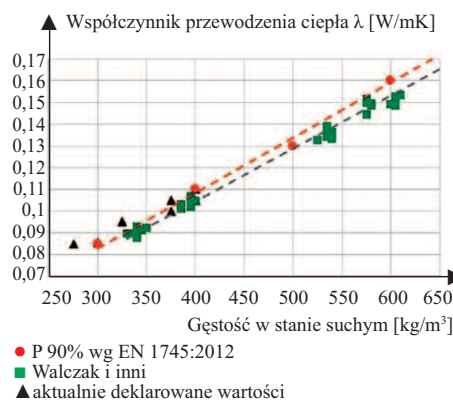
dr inż. Paweł Walczak¹⁾

Możliwości poprawy parametrów użytkowych ABK na przykładzie współczynnika przewodzenia ciepła

Autoklawizowany beton komórkowy (ABK) jest materiałem o stuletniej tradycji. Na przestrzeni lat powstało wiele technologii wykorzystujących do jego produkcji piasek oraz popioły lotne. Obecnie na polskim rynku są praktycznie wyłącznie elementy murowe z betonu komórkowego wykonanego w technologii piaskowej. Autoklawizowany beton komórkowy zawdzięcza popularność przede wszystkim takim właściwościom, jak dobra termoizolacyjność przy odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie. Nadal obserwuje się próby opracowania nowych technologii, czy też modyfikacji składu fazowego w celu poprawy właściwości użytkowych betonu komórkowego. Na przestrzeni ostatnich lat przeprowadzono prace badawcze nad zastosowaniem żużli [1, 2], ubocznych produktów spalania z węgla brunatnego w kotłach fluidalnych [3 – 7], zeolitów [8 – 10], perlitu [11 – 12], stłuczki szklanej [13], czy mączki wapiennej [14].

Jednym z najważniejszych parametrów użytkowych betonu komórkowego jest mały współczynnik przewodzenia ciepła λ . Zgodnie z PN-EN 1745:2020-12 *Mury i wyroby murowe – metody określania właściwości cieplnych* [15], producenci mogą deklarować współczynnik przewodzenia ciepła wg różnych sposobów oceny, m.in. na podstawie wartości tabelarycznych zawartych w PN-EN 1745 (sposób oceny S1) lub badań (sposób oceny S2). Na rysunku 1 przedstawiono porównanie współczynników przewodzenia ciepła λ w przypadku różnych klas gęstości ABK wg wartości tabelarycznych normy PN-EN 1745 przy prawdopodobieństwie P-90%. Wyniki dotyczące badań opublikowanych w 2015 r. [16] oraz obecnie deklarowanych współczynników przewodzenia ciepła wg sposobu S2 w przypadku klas gęstości 400 i mniejszych.

¹⁾ Solbet Sp. z o.o.; pawel.walczak@solbet.pl



Rys. 1. Porównanie wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ

Zgodnie z podanymi wartościami współczynnik przewodzenia ciepła λ zależy od klasy gęstości produkowanych elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego. Potwierdzają to dane tabelaryczne oraz dostępne publikacje i wartości deklarowane przez producentów ABK.

Program badań

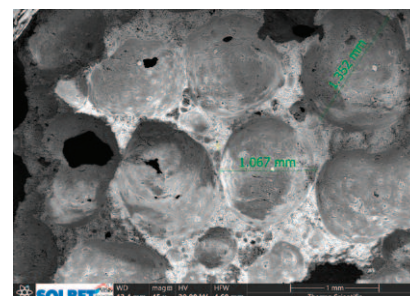
W produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego wykorzystano powszechnie używane surowce: piasek kwarcowy; cement portlandzki typu CEM I; wapno palone i wodę. Wszystkie właściwości betonu komórkowego badano zgodnie z PN-EN 771-4:2011+A1:2015-10 *Wytyczne dotyczące elementów murowych – Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego* [17]. Wytrzymałość na ściskanie określono na kostkach sześciennych w stanie wilgotności $6 \pm 2\%$. Prace wykonane w Centrum Badawczym SOLBET prowadzono pod kątem modyfikacji tekstury betonu komórkowego, a przede wszystkim jego porowatości oraz składu fazowego w celu zwiększenia ilości uwodnionych krzemianów wapniowych w matrycy autoklawizowanego betonu komórkowego, a w efekcie zwiększenia jego wytrzymałości [18, 19]. Do analizy składu fazowego wykorzystano apa-

rat XRD firmy Panalytical wraz oprogramowaniem umożliwiającym analizę jakościową oraz ilościową metodą Rietvela. Analizę porowatości prowadzono za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego SEM w wysokiej próżni wraz z analizą EDS, Color-SEM oraz przystawką DBS. Badanie współczynnika przewodzenia ciepła wykonywano z wykorzystaniem aparatu z osłoniętą płytą grzejną.

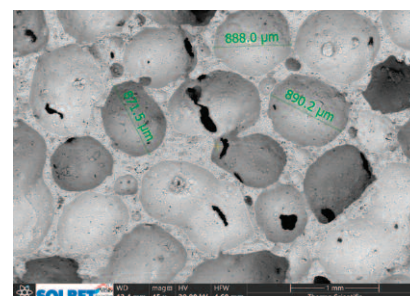
Wyniki badań

Jak wiadomo, powietrze zawarte w małych przestrzeniach jest doskonałym izolatorem, dlatego też celem badań było zmniejszenie średnicy porów w klasach gęstości ABK 350 i 400 z ok. 1,3 mm do ok. 0,85 mm, co zostało przedstawione na fotografiach 1 i 2.

Badania wytrzymałości na ściskanie betonu komórkowego [18, 19] wykazały, że jest ona uzależniona od ilości powsta-



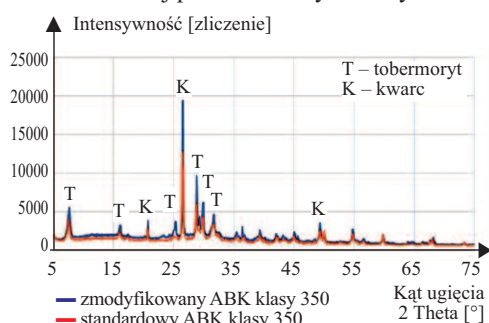
Fot. 1. Zdjęcie SEM standardowego betonu komórkowego klasy gęstości 350 i 400 (standardowa wielkość porów – 1 mm)



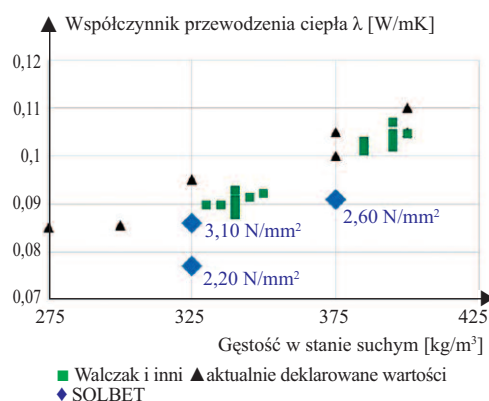
Fot. 2. Zdjęcie SEM zmodyfikowanego betonu komórkowego klasy gęstości 350 i 400 (średnica porów < 1 mm)

łej fazy C-S-H i tobermorytu, dlatego też zasadna jest produkcja ABK ze zwiększoną zawartością uwodnionych krzemianów wapniowych w celu poprawy jego wytrzymałości na ściskanie, szczególnie w przypadku niskich klas gęstości, np. przy klasie gęstości 350 zawartość krystalicznego tobermorytu zwiększyła się z 50% do 70%, czego efektem było zwiększenie wytrzymałości na ściskanie o ok. 30%. Na rysunku 2 przedstawiono porównanie dyfraktogramów betonu komórkowego klasy 350 przed i po modyfikacji.

Przeprowadzone modyfikacje umożliwiły produkcję betonu komórkowego o klasach gęstości 400 i 350, które cechowały się mniejszym współczynnikiem przewodzenia ciepła i większą wytrzymałością na ściskanie, niż to wynika z rysunku 1. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 3, porównując je z wcześniej przedstawionymi danymi.



Rys. 2. Analiza składu fazowego XRD próbek betonu komórkowego



Rys. 3. Wyniki badań elementów murowych z ABK o małej klasie gęstości produkowanych przez firmę SOLBET

Wnioski

Z wykonanych badań wynika, że w klasie gęstości 350 udało się uzyskać współczynnik przewodzenia ciepła na poziomie, który dotyczył klasy gęstości 300 lub niższej. Dodatkowo, dzięki modyfikacjom składu fazowego możliwe jest również zwiększenie wytrzymałości na ściskanie. Efektem przeprowadzonych badań było wprowadzenie na rynek ABK małych klas gęstości o deklarowanych właściwościach, a mianowicie:

a) elementów murowych klasy gęstości 400 o współczynniku przewodzenia ciepła mniejszym od 0,095 W/mK i wytrzymałości na ściskanie 2,0 N/mm² (materiał oferowany do grudnia 2020 r.);

b) elementów murowych klasy gęstości 350 o współczynniku przewodzenia ciepła mniejszym od 0,08 W/mK i wytrzymałości na ściskanie 1,7 N/mm²;

c) elementów murowych klasy gęstości 350 o współczynniku przewodzenia ciepła mniejszym od 0,09 W/mK i wytrzymałości na ściskanie 2,73 N/mm².

Z przedstawionych badań wynika, że technologia betonu komórkowego pomimo stuletniej tradycji nadal umożliwia poprawę parametrów oferowanych wyrobów, m.in. współczynnika przewodzenia ciepła oraz parametrów wytrzymałościowych.

Literatura

- [1] Mostafa NY. Influence of air-cooled slag on physicochemical properties of autoclaved aerated concrete. *Cement and Concrete Research*. 2005; <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.10.011>.
- [2] Huang X-y, Ni W, Cui W-h, Wanga Z-j, Zhu L-p. Preparation of autoclaved aerated concrete using copper tailings and blast furnace slag. *Construction and Building Materials*. 2012; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.034>.
- [3] Song Y, Guo C, Qian J, Ding T. Effect of the Ca-to-Si ratio on the properties of autoclaved aerated concrete containing coal fly ash from circulating fluidized bed combustion boiler. *Construction and Building Materials*. 2015; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.077>.
- [4] Łaskawiec K. Wpływ fluidalnych popiołów z węgla brunatnego na skład fazowy i właściwości betonu komórkowego, praca doktorska AGH, Kraków 2011.

[5] Łaskawiec K, Gębarowski P, Zapotoczna-Sytek G, Małolepszy J. Fly ashes of new generation as a raw material to the production of autoclaved aerated concrete (AAC), 5th ICAAC, p. 119, Bydgoszcz 2011.

[6] Łaskawiec K, Gębarowski P, Zapotoczna-Sytek G, Małolepszy J. *Cement Wapno Beton*. 2012; 1: 14 – 22.

[7] Gawlicki M. *Cement-Wapno-Beton*. 2009; 2: 86 – 96.

[8] Albayrak M, et al. Influence of zeolite additive on properties of autoclaved aerated concrete. *Building and Environment*. 2007; <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.08.003>.

[9] Komarneni S, Komarneni JS, Newalkar B, Stout S. Microwave-hydrothermal synthesis of Al-substituted tobermorite from zeolites. *Materials Research Bulletin*. 2002; [https://doi.org/10.1016/S0025-5408\(02\)00758-4](https://doi.org/10.1016/S0025-5408(02)00758-4).

[10] Karakurt C, Kurama H, Topcu IB. Utilization of natural zeolite in aerated concrete production. *Cem. Concr. Compos.* 2010; <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.10.002>.

[11] Demir I, Başpınar MS. Effect of silica fume and expanded perlite addition on the technical properties of the fly ash-lime-gypsum mixture. *Construction and Building Materials*. 2008; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.011>.

[12] Różycka A, Pichór W. Effect of perlite waste addition on the properties of autoclaved aerated concrete. *Construction and Building Materials*. 2016; <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.019>.

[13] Walczak P, Małolepszy J, Reben M, Szymański P, Rzepa K. Utilization of waste glass in autoclaved aerated concret. *Procedia Engineering*. 2015; <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.040>.

[14] Małecki M, Kurdowski W, Walczak P. Influence of gypsum and limestone, used as mineral additives, on autoclaved aerated concrete properties. *ce/papers*. 2018; <https://doi.org/10.1002/ce-pa.843>.

[15] PN-EN 1745:2020-12 Mury i wyroby murowe – metody określania właściwości cieplnych.

[16] Walczak P, Szymański P, Różycka A. Autoclaved Aerated Concrete based on Fly Ash in Density 350kg/m³ as an Environmentally Friendly Material for Energy-Efficient Constructions. *Procedia Engineering*. 2015; <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.005>.

[17] PN-EN 771-4:2011+A1:2015-10 Wymagania dotyczące elementów murowych – Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.

[18] Dyczek J. *Zeszyty Naukowe AGH, Ceramika*, Z. 42, Kraków 1979.

[19] Łągosz A, Szymański P, Walczak P. Influence of the fly ash properties on properties of autoclaved aerated concrete 5th ICAAC, p. 14-17, Bydgoszcz 2011.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

