

Prezentujemy referat „Autoklawizowany beton komórkowy niezawierający cementu i siarczanów” autorstwa Andreeasa Stumma przygotowany na 5. Międzynarodową Konferencję Autoklawizowany Beton Komórkowy, w którym przedstawiono rozwiązania technologiczne i recepturę pozwalające na wytwarzanie betonu komórkowego o obniżonej gęstości objętościowej, niezawierającego cementu i siarczanów. Beton o klasie gęstości 350 charakteryzuje się współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda = 0,09 \text{ W/(mK)}$ oraz skurczem poniżej 0,20 mm/m. Ponadto ABK niezawierający cementu ma mniejszą kruchość i jest mniej podatny na ryzyko uszkodzeń transportowych.

Andreas Stumm*

Autoklawizowany beton komórkowy niezawierający cementu i siarczanów

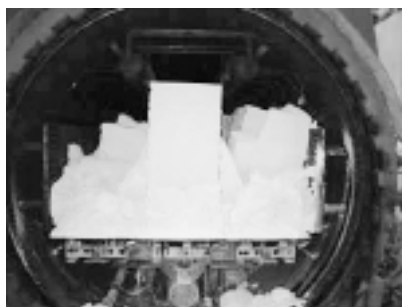
Cement and sulphate free autoclaved aerated concrete

Autoklawizowany beton komórkowy (ABK) jest wytwarzany najczęściej z naturalnych surowców, takich jak piasek, wapno palone, cement, siarczan wapnia (gips), woda oraz aluminium jako środek porotwórczy. Firma Xella w ramach swoich prac badawczych realizuje projekt, którego celem jest opracowanie rozwiązań technologicznych i procedur pozwalających na wytworzenie ABK o niskiej gęstości objętościowej w odlewach o objętości 5,4 m³, niezawierającego cementu ani siarczanów.

Największym źródłem siarczanów w betonie komórkowym, oprócz cementu, jest czysty siarczan wapnia, dodawany do mieszanki surowców w postaci gipsu lub anhydrytu w celu poprawienia jego właściwości. Zmniejszenie zawartości siarczanu wapnia w dotychczasowych recepturach prowadziło do zwiększenia skurczu i zmniejszenia wytrzymałości ABK na ściskanie.

Ze względu na specyfikę spoiwa cementowego (jego powolne działanie), dotychczas nie ma możliwości zastosowania receptur niezawierających siarczanów w technologiach typu Durox, Hebel czy Ytong. Wyrastający z kolei niezawierający cementu ani siarczanów wykazuje tendencję do zapadania się podczas wyjmowania z formy lub w trakcie procesu autoklawizacji

(fotografia) i szczególnie trudno jest wytworzyć materiał o niskiej gęstości objętościowej.



Zapadnięte bloczki z ABK o gęstości objętościowej 320 kg/m³

Badania

Wytworzono różnego rodzaju mieszanki bez zawartości cementu i siarczanów (tabela) o gęstości objętościowej 320 – 440 kg/m³. Jako surowce zastosowano piasek kwarcowy, krzemionkę pirogeniczną, wapno palone, wypełniacz obojętny i/lub sproszkowany ABK, wapno hydratyzowane i aluminium, jako środek spulchniający.

Ze względu na niską wytrzymałość świeżego zarobu, zmodyfikowano standardowy proces produkcji w technologii Ytong (rysunek 1). Surowce, w odpowiednich proporcjach, były dozowane z silosów do mieszarki. Po zakończeniu procesu mieszania zawieszinę wlewano do form o pojemności 5,4 m³. Po zakończeniu procesu wzrostu trwającego 3,5 – 4,5 h, bloki masy

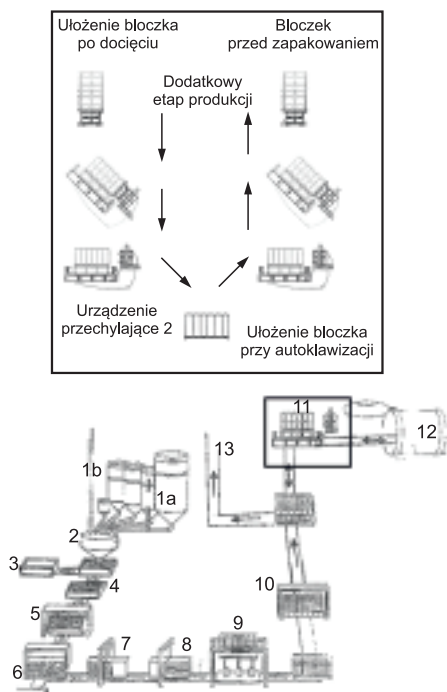
były obracane o 90° i wyjmowane z form. Następnie cięto je w poziomie i w pionie oraz profilowano (pióra, wpusty i uchwyty montażowe) na powierzchniach czołowych poszczególnych bloczków. Przed autoklawizacją materiał był ponownie przechylany z pozycji pionowej do pozycji poziomej i podlegał hartowaniu w temperaturze 190 °C przez 6 h, a po autoklawizacji był znowu przechylany. W ten sposób wyeliminowano ryzyko zapadania się masy.

Receptury na beton komórkowy o gęstości objętościowej 320 – 440 kg/m³

Składnik/surowiec	Zawartość [%]
CaO (wapno hydratyzowane)	20 – 40
SiO ₂ (piasek mielony, krzemionka pirogeniczna)	40 – 60
Obojętne wypełniacze	0 – 30
Sproszkowany autoklawizowany beton komórkowy	0 – 30
Zawiesina odpadów świeżych	0 – 30
Aluminium	0,2 – 1

Produkt końcowy przetestowano pod względem odporności na ściskanie zgodnie z normą DIN EN 772-1, pod względem przewodności cieplnej zgodnie z normą DIN EN 12664 oraz zgodnie z normą DIN EN 680 określono wielkość skurczu. Do wyznaczenia względnej wytrzymałości ABK można stosować wskaźnik A. Wraz ze wzrostem tego wskaźnika wzrasta wytrzyma-

*Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH, Niemcy

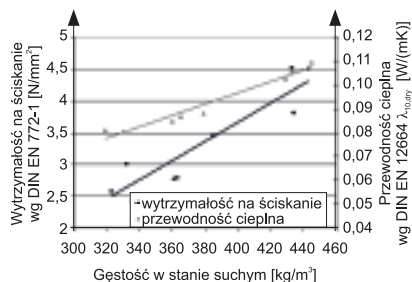


Rys. 1. Nowy schemat produkcji w technologii Ytong: 1a – silos; 1b – woda/zawiesina odpadów; 2 – mieszalnik; 3 – pusta forma odlewowa; 4 – pełna forma odlewowa; 5 – urządzenie przechylające 1; 6 – urządzenie wyjmujące odlewy z formy; 7 – obcinarka; 8 – cięcie poziome/profilowanie piór i wpustów; 9 – cięcie pionowe/uchwyty montażowe; 10 – taśmociąg; 11 – urządzenie przechylające 2; 12 – autoklaw; 13 – droga do urządzenia pakującego

małość. Wartość A [3] zależy od gęstości objętościowej oraz wytrzymałości na ściskanie i jest wyrażona równaniem: $A = CS/BD^2 \times 0,016$; gdzie CS – wytrzymałość na ściskanie [N/mm²], BD – masa właściwa [kg/dm³], 0,016 – stała wyznaczona eksperymentalnie. W celu spełnienia wymagań dotyczących ABK PP2/0,35 (klasa wytrzymałości 2 i klasa gęstości 350 wg DIN), wartość A powinna być na poziomie 1500.

Wyniki

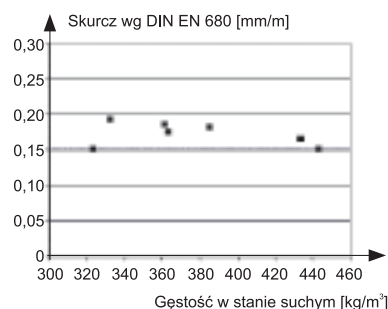
Wytworzono autoklawizowany beton komórkowy niezawierający cementu i siarczanu o gęstości objętościowej 320 – 440 kg/m³. Dane dotyczące przewodności cieplnej i wytrzymałości na ściskanie przedstawia rysunek 2. Wytrzymałość na ściskanie wynosiła 2,5 N/mm² przy najniższej i do 4,5 N/mm² przy najwyższej wartości gęstości objętościowej, średnia wartość $A = 1500$, a współczynnik $\lambda_{10,dry} = 0,08 - 0,11$ W/(mK). Eksperymentalnie zwiększony współczynnik ekstrapolacji przewodności



Rys. 2. Odporność na ściskanie i przewodność cieplna

cieplnej oceniono na 0,002 W/(mK) na 10 kg, a zatem był porównywalny do tego, jaki jest uzyskiwany w przypadku receptur z użyciem cementu. Wszystkie wartości skurczu (rysunek 3) były zgodne z wymaganiami normatywnymi.

Produkt końcowy klasy objętościowej PP2/0,35 charakteryzował się $\lambda = 0,09$ W/(mK), klasy PP2/0,40 – $\lambda = 0,10$ W/(mK), a klasy PP2/0,45 – $\lambda = 0,11$ W/(mK). Otrzymany ABK miał bardziej porowatą powierzchnię w po-



Rys. 3. Skurcz

równaniu z betonem wyprodukowanym wg standardowych receptur. Ponadto, ze względu na mniejszą kruchość, ABK wyprodukowany wg nowej receptury okazał się mniej podatny na uszkodzenia, np. podczas transportu. Nie występuje też ryzyko gromadzenia się osadów wapniowych oraz powstawania szarych plam.

Wnioski

Przedstawione rozwiązania technologiczne i opracowane receptury pozwalają na wytworzenie autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK) o obniżonej gęstości objętościowej, w odlewach o objętości 5,4 m³, niezawierającego cementu i siarczanów. Materiał ma właściwości pozwalające zaliczyć go do klasy PP2/0,35 (wg DIN), czyli klasa wytrzymałości 2 i klasa gęstości 350, charakteryzuje się współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda = 0,09$ W/(mK) oraz skurczem poni-

żej 0,20 mm/m zgodnie z DIN EN 680. Receptury niezawierające cementu umożliwiają wyprodukowanie ABK o mniejszej kruchości, a tym samym mniejszym ryzyku uszkodzeń transportowych. Dalsze badania trwają.

Abstract

New laws are likely which will make putting autoclaved aerated concrete (ACC) into landfills more difficult in the future. Consequently, a project was launched at Xella to reduce the sulphate content in AAC to almost zero. Positive side effects are no risk of thaumasite, agglomeration residue of lime and grey stains. The biggest source of sulphate besides cement is the pure calcium sulphate, which is added either as gypsum or anhydrite to the mixture. Additional calcium sulphate has been used in AAC to improve its material properties for many years. The reduction of calcium sulphate in ordinary cementitious AAC recipes leads to high shrinkage and less compressive strength of the material. Sulphate free AAC with a low bulk density is not yet being made in mass production. Due to the lag of the hydraulic binder cement, completely sulphate free recipes could not be handled in technologies like Durox, Hebel or Ytong yet. Cement and sulphate free ACC cakes tend to collapse either in the demoulding or autoclaving process, and especially low densities are difficult to process. Technological solutions and recipes were found to produce cement and sulphate free AAC with low bulk densities in moulds with the size of 5,4 m³. The material meets the requirements for the German bulk density class PP2/0,35 with $\lambda = 0,09$ W/(mK). The shrinkage tests show values under 0,20 mm/m according to DIN EN 680. Finally, it was shown that cement free recipes lead to fewer transportation damages due to less brittle surfaces. Further research is currently in progress.

Literatura

- [1] Clementi F., 1967. Verfahren zur Herstellung von dampfgehärtetem Gasbeton, German patent, Aktenzeichen DE 16 46 580.8-45 (H 62442), Bundesrepublik Deutschland, Deutsches Patentamt.
- [2] Straube B., Langer P., Stumm A., 2008. Durability of Autoclaved Aerated Concrete, 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul Turkey, May 11-14th.
- [3] Züm S. G., 1997. Einfluss der Sandminerale auf die Bildung von Calciumsilikathydraten (C-S-H-Phasen), das Gefüge und die mechanischen Eigenschaften von Porenbetonprodukten, Logos Verlag Berlin.