

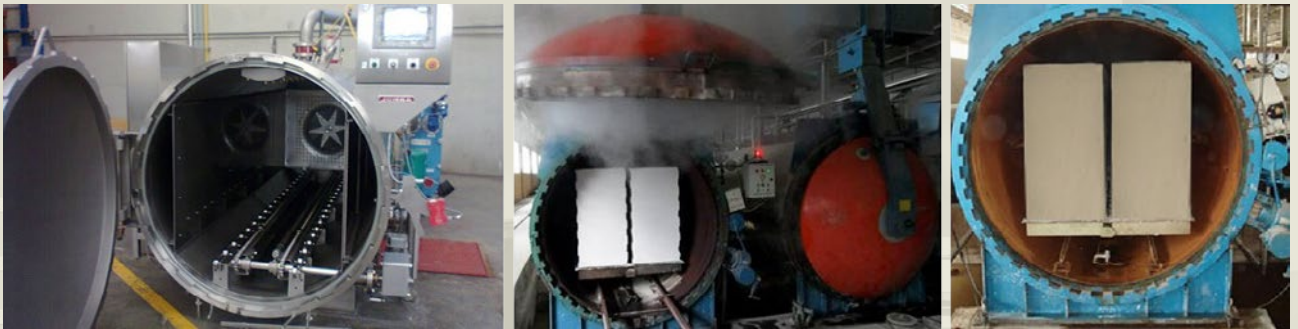
Autoklawizowany beton komórkowy (ABK) należy do najbardziej popularnych materiałów budowlanych do wznoszenia ścian budynków w Polsce i Europie. Z betonu komórkowego produkuje się konstrukcyjne niezbrojone i zbrojone elementy ścian. ABK charakteryzuje się bardzo niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, przez co zapewnia bardzo dobrą izolacyjność termiczną przegród (jest to najcieplejszy materiał konstrukcyjny).

Autoklawizowany beton komórkowy (gazobeton) uzyskiwany jest w procesie obróbki hydrotermalnej w wysokociśnieniowych autoklawach (rys. 1). Jest to lekki, porowaty materiał budowlany, o niskiej gęstości objętościowej (w praktyce dla betonu produkowanego w Polsce zakres gęstości objętościowej wynosi od 300 do 700 kg/m³), zawierający znaczne ilości zamkniętych porów sferycznych wypełnionych w 90% powietrzem (rys. 2). ABK charakteryzuje się również jednorodną strukturą, wytrzymałością na ściskanie, wysoką izolacyjnością cieplną i dużą ognioodpornością.

Beton komórkowy produkowany jest z następujących składników:

- **spoiwa** – cement, wapno, gips,
- **kruszywa** - piasek, popiół lotny, żużel wielkopiecowy, inne surowce krzemionkowe,
- **środków porotwórczego** – proszek aluminiowy, pasta aluminiowa,
- **wody,**
- **składników dodatkowych** – poprawiających właściwości reologiczne masy zarobowej, wpływających na proces twardnienia masy, itp.

Do produkcji 1 m³ masy (czyli nawet do 5 m³ betonu komórkowego) zużywa się 135 kg spoiwa (cementu i wapna) oraz 16 kg gipsu, 235 kg piasku, 225kg wody i zaledwie 0,50kg proszku aluminiowego – rys. 4.



Rys. 1. Autoklaw wysokociśnieniowy do produkcji wyrobów z ABK



Rys. 2. Struktura betonu komórkowego

W tabeli 1 przedstawiono stosowane w kraju i za granicą technologie produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK).

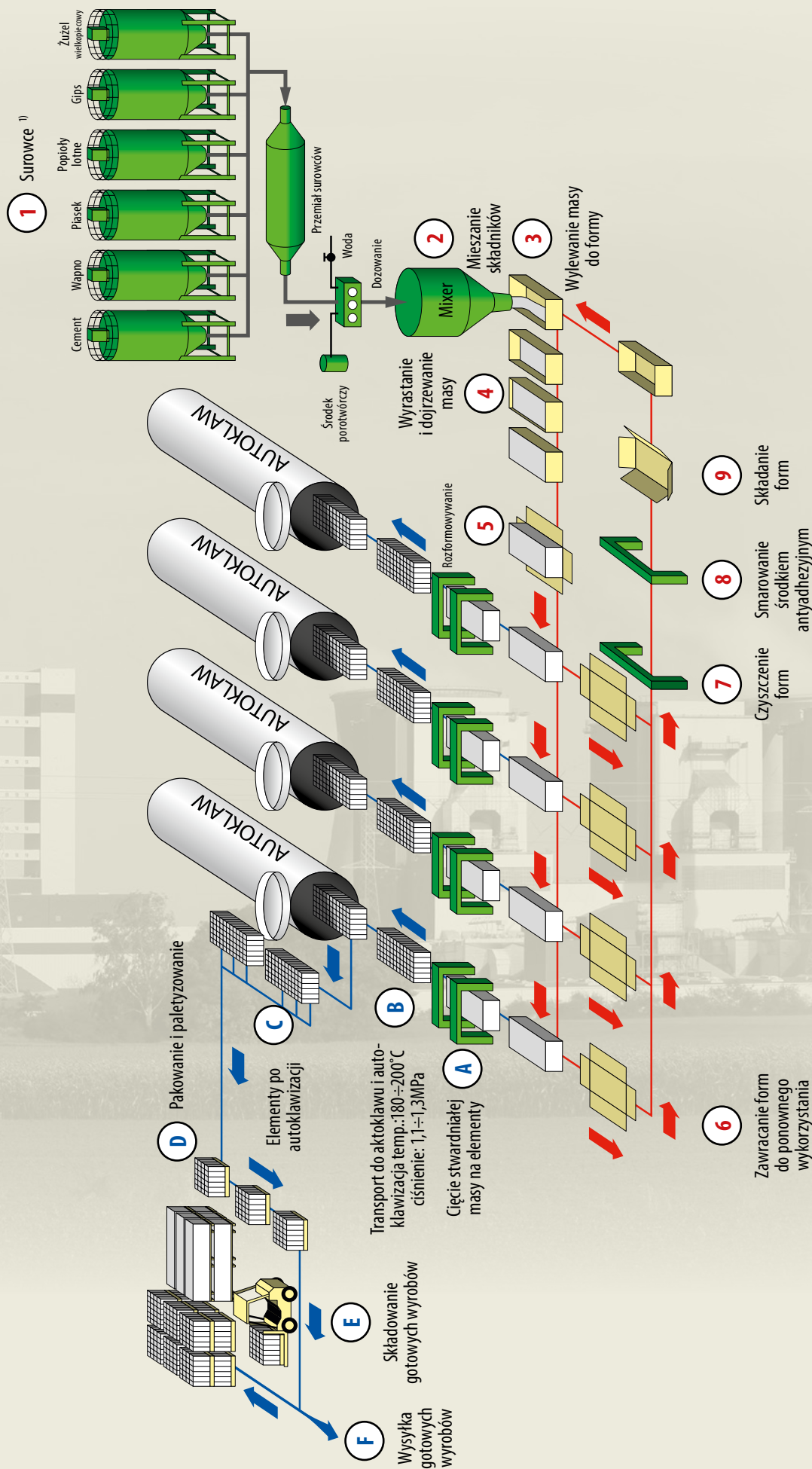
Tabela 1. Technologie produkcji betonu komórkowego (ABK)

Nazwa technologii	Podstawowe surowce		Sposób przygotowania surowców
	Spoivo	Kruszywo	
KRAJOWE			
UNIPOL	wapno, cement, wspólnie mielona część kruszywa	piasek kwarcowy, popioły lotne	piasek mielony na mokro, popioły lotne niemielone
PGS - pianogazosilikat	wapno palone, gips, popioły lotne	popioły lotne	popioły lotne niemielone
SW - silikat wolnowiążący	wapno palone, cement	piasek kwarcowy, popioły lotne	piasek mielony na mokro, popioły lotne niemielone
ZAGRANICZNE			
YTONG	wapno palone, cement, żużel wielkopieczowy	piasek kwarcowy, piaskowiec, kwarcyt, popioły lotne, łupek palony	przemiał kruszywa na mokro (szlam) lub przemiał kruszywa ze spoiwem na sucho
SIPOREX	cement	piasek kwarcowy, żużel wielkopieczowy	przemiał kruszywa z wodą na szlam
HEBEL	wapno palone, cement	piasek kwarcowy, popioły lotne	przemiał piasku z wodą na szlam lub suchy przemiał popiołów ze spoiwem
CALSILOX	wapno palone, cement	piasek kwarcowy, popioły lotne	suchy przemiał składników (spoiwa i kruszywa)

Niezależnie od technologii, wyróżnia się 5 podstawowych etapów produkcji ABK (rys. 3):

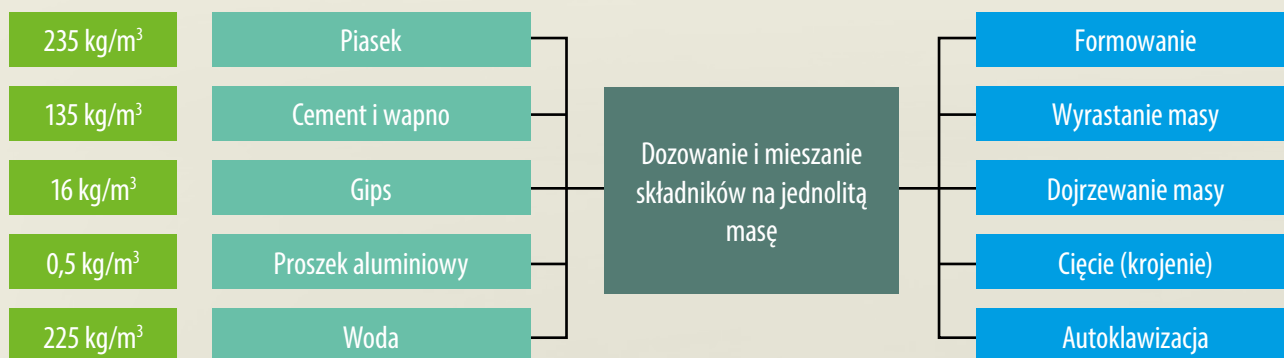
1. przygotowanie i mieszanie składników,
2. wyrastanie masy - w procesie tym istotną rolę odgrywa proszek aluminiowy (pasta), który powinien charakteryzować się odpowiednią reaktywnością w czasie; istotnym jest, żeby nie wykazywał reaktywności przez okres przebywania w mieszarce, a dopiero w po ułożeniu masy w formie, w wyniku działania środka powierzchniowo czynnego następuje usunięcie parafiny z proszku aluminiowego, a następnie jego aktywacja w zasadowym środowisku wytworzonym przez wodorotlenek wapnia, zachodzi reakcja glinu z wodorotlenkiem wapnia:

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O = 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + 3H_2 \uparrow \quad (1)$$
 w efekcie w wylanej masie zarobowej wydzielają się pęcherzyki wodoru, powodujące wzrost ciśnienia w miarę postępu reakcji (1), gdy ciśnienie przekroczy granicę plastyczności masy, następuje proces wyrastania masy, w końcowym etapie procesu następuje przejście masy z fazy ciekłej do fazy stałej o minimalnej wytrzymałości,
3. dojrzewanie masy – długość tego okresu powinna umożliwić uzyskanie takiej wytrzymałości, aby można było stwardniałą masę pokroić na elementy o żądanych wymiarach,
4. krojenie masy,
5. autoklawizacja - kluczowy proces w produkcji ABK, prowadzony w wysokociśnieniowych autoklawach (rys. 1) w temperaturze $180 \div 200^\circ C$ i ciśnieniu pary wodnej $1,1 \div 1,3 MPa$, czas autoklawizacji jest zmienny i wynosi średnio $10 \div 14$ godzin, w zależności od założonej gęstości produkowanego betonu komórkowego i objętości danego wyrobu; proces autoklawizacji zapewnia odpowiednie właściwości, tj.: wytrzymałość, mrozoodporność, trwałość oraz pozwala na eliminację skurczu chemicznego.



¹⁾ Zestaw surowców do produkcji ABK zależy od stosowanej technologii (tabela 1)

Rys. 3. Schemat produkcji wyrobów z ABK

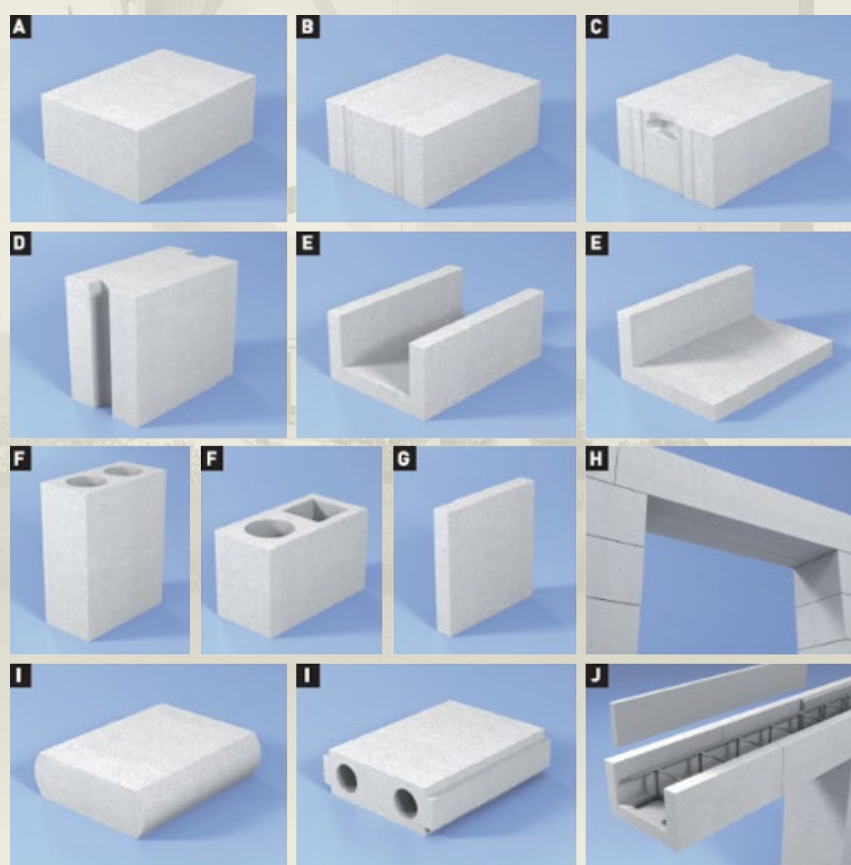


Rys. 4. Surowce i schemat procesu w produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego

Dobór cementu do produkcji ABK uzależniony jest od zjawisk fizykochemicznych zachodzących w masie zarobowej w dwóch stadiach procesu technologicznego:

- przed obróbką hydrotermalną
- w czasie obróbki hydrotermalnej.

Najczęściej stosowane są cementy portlandzkie CEM I o rozwiniętej powierzchni właściwej (powyżej 3600 cm²/g). Możliwe jest również stosowanie cementów CEM II÷CEM V, zwłaszcza zawierających popiół lotny i/lub mielony granulowany żużel wielkopiecowy. Ostateczny dobór cementu musi być poprzedzony badaniami aplikacyjnymi w warunkach technologicznych określonego producenta. Beton komórkowy jest zaliczany do materiałów, z których produkuje się konstrukcyjne elementy murowe, czyli służące do wykonywania murów. Na etapie produkcji betonu komórkowego możliwe jest formowanie elementów o dowolnych kształtach. Dzięki temu produkuje się z niego różnego rodzaju wyroby (rys. 5).



Rys. 5. Przykładowy asortyment elementów z ABK a) element o gładkich powierzchniach; b) element z wyprofilowanymi powierzchniami czołowymi do łączenia na pióro i wpust; c) element z wyprofilowanymi powierzchniami czołowymi dodatkowo z uchwytem montażowym; d) blok modułowy; e) elementy nadproży i wieńców; f) elementy osłonowe instalacji; g) element ścienny; h) element wieńców z ociepleniem; i) elementy stropowe; j) nadproża

Podstawowymi elementami tego typu są bloczki. Wyroby te muszą być zgodne z normą PN-EN 771-4 „Wymagania dotyczące elementów murowych – Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego”, która określa m.in. właściwości, jakie powinny mieć elementy murowe, aby spełniały kryteria wymagane od materiałów stosowanych przy wznoszeniu murów. Dodatkowo, porowata struktura betonu komórkowego powoduje, że ten materiał konstrukcyjny ma również bardzo dobre parametry izolacyjności termicznej. Właściwości poszczególnych rodzajów betonu komórkowego mają wpływ na ich zastosowanie w budynkach. Znajomość podstawowych parametrów umożliwia także ocenę i porównanie wyrobów różnych producentów.

W tabeli 2 przedstawiono klasyfikację wyrobów murowych z betonu komórkowego wg normy PN-EN 771-4 ze względu na średnią wytrzymałość na ściskanie w stanie wilgotności $6\pm 2\%$ masy.

Tabela 2. Klasyfikacja elementów murowych ABK

Klasa wytrzymałości na ściskanie	Średnia wytrzymałość na ściskanie [N/mm ²]
1,5	1,5
2,0	2,0
2,5	2,5
3,0	3,0
3,5	3,5
4,0	4,0
4,5	4,5
5,0	5,0
6,0	6,0
7,0	≥7,0

Wyroby z autoklawizowanego betonu komórkowego znajdują zastosowanie głównie w budownictwie mieszkaniowym, szczególnie jednorodzinym (rys. 6). Do głównych kierunków zastosowań betonów komórkowych należą:

- wykonanie ścian nośnych do trzech kondygnacji i działowych (rys. 6a),
- wykonywanie zbrojonych elementów nadproży i wieńców (rys. 6b),
- wykonywanie stropów – zbrojone elementy stropowe i stropodachowe (rys. 6c),
- wypełnienie konstrukcji szkieletowych,
- wykonywanie przegród ogniowych oraz elementów osłonowych.

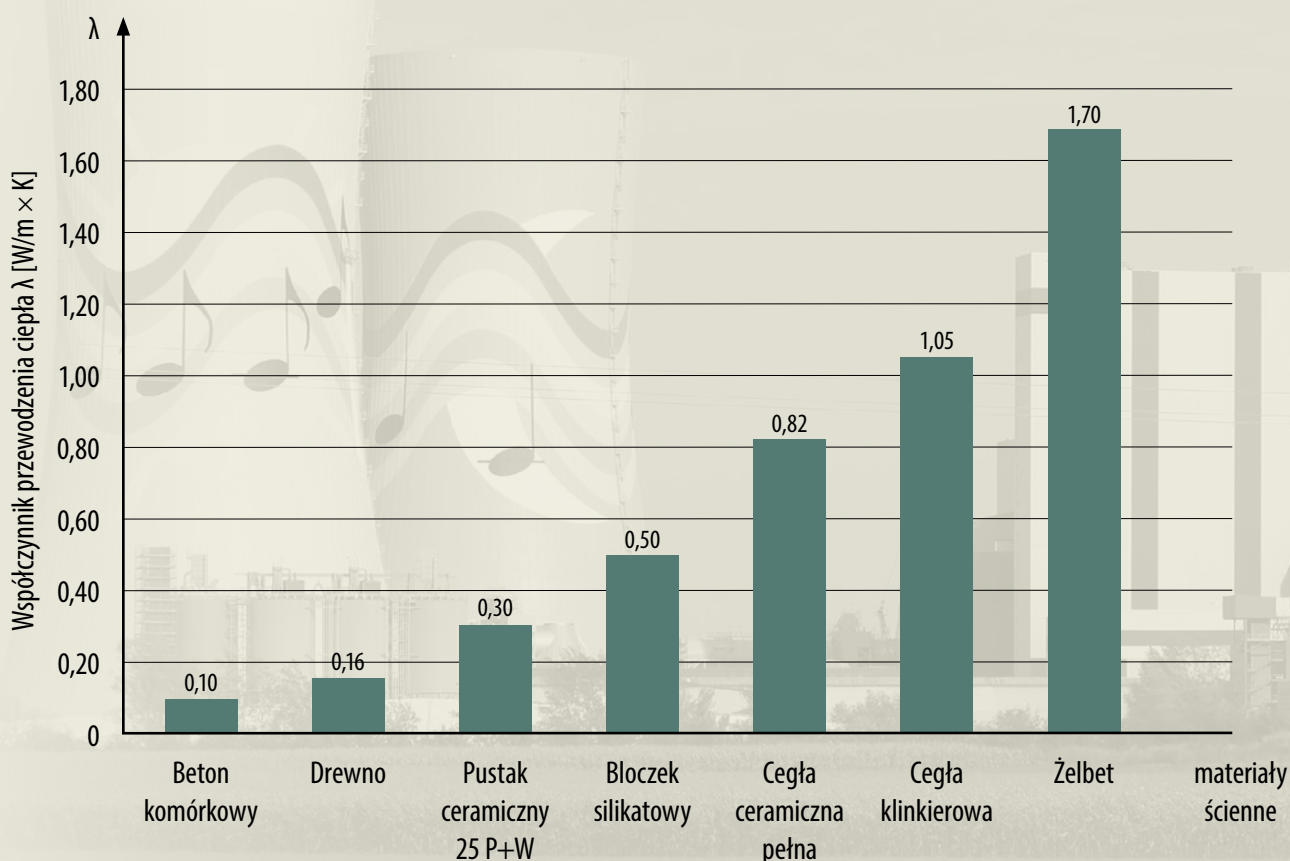


Rys. 6. Przykładowe elementy wykonane z betonu komórkowego: a) ściana wewnętrzna budynku, b) nadproże okienne, c) elementy stropowe

Podstawowymi właściwościami wyrobów z ABK decydującymi o ich szerokim zastosowaniu są:

- niska gęstość objętościowa ($300 \div 1000 \text{ kg/m}^3$), beton komórkowy posiada porowatą strukturę, dzięki czemu jest lekki i ma właściwości termoizolacyjne, jest dostępny w odmianach: 400, 500, 600 i 700 (rzadko 300 i 350); im wyższa liczba, tym większa gęstość betonu i wytrzymałość mechaniczna, ale obniżona ochrona cieplna,
- wytrzymałość na ściskanie do 7 MPa; wytrzymałość betonu komórkowego zależy od jego gęstości (im większa gęstość, tym wyższa wytrzymałość); jednak nawet beton o niskiej gęstości ma wytrzymałość na ściskanie wystarczającą do budowy budynku kilkukondygnacyjnego,

- izolacyjność cieplna (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda=0,08\div 0,20$ W/m \times K), przez co ściana budynku może mieć mniejszą grubość; dzięki dużej termoizolacyjności betonu komórkowego wybudowana z niego ściana jednowarstwowa może mieć mniejszą grubość niż wybudowana z ceramiki poryzowanej o porównywalnej izolacyjności (rys. 7); dodatkowo właściwości termiczne takiej ściany poprawi zaprawa ciepłochronna lub zaprawa klejowa,
- łatwość w obróbce (podczas przycinania powstaje niewiele odpadów),
- odporność na bakterie, pleśnie, grzyby,
- możliwość murowania wszystkich rodzajów ścian, tj. zewnętrznych jednowarstwowych (bez ocieplenia), zewnętrznych warstwowych, wewnętrznych konstrukcyjnych i działowych,
- szybkość wykonywania prac, duże elementy pozwalają na szybką budowę obiektów budowlanych,
- odporność na ogień, ABK produkowany mineralnych materiałów niepalnych, również jest materiałem niepalnym,
- wysoka efektywność wykorzystania surowców (z 1m³ surowców produkuje się od 3,3 do 5 m³ betonu komórkowego, niski ciężar bloczków z betonu komórkowego umożliwia efektywne i ograniczające emisję CO₂ transport),
- ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko, możliwość ponownego wykorzystania w procesie produkcji i całkowity recyding; współczesne technologie wytwarzania betonu komórkowego (ABK) nie powodują także uwalniania substancji szkodliwych dla organizmów żywych i środowiska, są procesami bezodpadowymi i charakteryzują się małym zużyciem surowców i nośników energii.



Rys. 7. Współczynnik przewodzenia ciepła λ różnych materiałów budowlanych

Pomimo wielu zalet jakie niesie stosowanie wyrobów z autoklawizowanego betonu komórkowego, należy mieć na uwadze, że:

- ściana z ABK jest lekka i słabo izoluje akustycznie (cięższe elementy lepiej izolują akustycznie niż lekkie),
- beton komórkowy jest nasiąkliwy, dlatego bloczki oraz ściany należy chronić przed długotrwałym kontaktem z wodą, z tego też powodu nie nadaje się do budowy ścian fundamentowych (można z niego budować ściany piwniczne, jednak pod warunkiem że zostaną prawidłowo zaizolowane),
- zaleca się, aby ściany z betonu komórkowego zaczynały się nie niżej niż 20 cm nad ziemią – uchroni to ścianę przed zawilgoceniem, a tym samym przed przemarzaniem zimą,
- szczególnie istotne jest staranne ułożenie zaprawy, tak aby grubość i układ spoin odpowiadały rodzajowi bloczków (murowanie na cienkie spoiny wymaga dużej dokładności, ma to bowiem wpływ na izolacyjność cieplną ściany).