

Badania eksperymentalne efektu redukcji przewodności cieplnej w autoklawizowanym piaskowym betonie komórkowym (ABK 500¹)

Investigations of 'thickness effect curve' in sand autoclaved aerated concrete (SAAC 500¹)

1. Wprowadzenie

Postęp techniczny w technologii wytwarzania autoklawizowanych betonów komórkowych sprawił, iż obecnie produkowane betony komórkowe charakteryzują się znacznie korzystniejszymi właściwościami aniżeli produkowane i badane przed laty. Udoskonalono metody badawcze i aparaturę pomiarową do określania właściwości betonów, w tym właściwości cieplnych. Z tego względu prowadzone są prace nad precyzyjnym określaniem właściwości cieplnych ABK. Przewodność cieplna λ autoklawizowanych betonów komórkowych (ABK) ma bardzo duże znaczenie, ponieważ jest to jeden z podstawowych materiałów do wykonywania ścian. Przewodność cieplna ABK zależy od gęstości, zawartości wilgoci oraz składników użytych w procesie produkcji (1, 2). Ponieważ wpływ wilgoci na przewodność cieplną jest szczególnie duży, z reguły badania zależności przewodności cieplnej od temperatury wykonuje się na próbkach wysuszonych uprzednio w temperaturze 105 °C (3). Mnożąc otrzymaną wartość λ przez współczynnik zależny od wilgotności materiału wyznacza się przewodność cieplną w stanie zawilgocenia. Obliczenia te prowadzone są zgodnie z normą PN-EN 10456.

W betonie komórkowym zachodzą sprzężone procesy wymiany ciepła i masy (4). Dotychczasowe badania tych procesów w betonach komórkowych nie uwzględniały efektu redukcji przewodności cieplnej wynikającego z jednoczesnego występowania promieniowania cieplnego i kondukcji (2-5). W pracy D.J. Gawina, J. Kosny i K. Wilkesa (4) można dopatrzeć się badań wpływu grubości i zawilgocenia próbki wykonanej z betonu komórkowego gęstości 400, ale nie bezpośrednio na wartość liczbową przewodności cieplnej λ lecz na tak zwany współczynnik k będący stosunkiem zmierzonej wartości przewodności cieplnej do przewodności cieplnej rzeczywistej przy początkowym jednorodnym rozkładzie wilgoci w badanej próbce. Autorzy pracy (6) jako pierwsi zwrócili uwagę na ten

¹ dotyczy betonu komórkowego o gęstości w stanie suchym 540 kg/m³

1. Introduction

Technological progress in production methods of AAC caused that the currently produced cellular concretes are characterized by a much more favourable technical properties than those produced and tested years ago. Methods and apparatus for testing the cellular concrete properties, especially their thermal properties, have been improved. The research works on precise determination of thermal properties of AAC started as well. The thermal conductivity of AAC has great importance because it is the basic material for building walls. Thermal conductivity of AAC depends on its density, moisture content and components used in the production process (1, 2). Due to the fact that the moisture content significantly affects the thermal conductivity of AAC hence, as a rule, investigations of the thermal conductivity as a function of temperature are performed for the samples previously dried at 105°C (3). Multiplying the thermal conductivity λ by a factor depending on the specified moisture content of the sample it is possible to determine its thermal conductivity in a moisture state. Such calculations are carried out according to the standard PN-EN 10456.

In a cellular concrete a coupled processes of heat and mass transfer take place (4). Previous studies of these processes in AAC have not taken into account an effect of the reduction in thermal conductivity known in the literature as the 'thickness effect curve' resulting from a coupling of radiation with conduction (2-5). D. J. Gawin et al.(4) studied the influence of the AAC 400 sample thickness and its moisture content but not directly the numerical value of the thermal conductivity λ but the so-called k -ratio, defined as the ratio of the measured thermal conductivity to the real thermal conductivity measured under condition of an initial homogeneous moisture distribution in the examined sample. The authors of work (6) were among the first to draw attention to the problem and studied the effect of 'thickness effect curve' for the third

¹ it concerns the cellular concrete of density in dry state 540 kg/m³

Tablica 1 / Table 1

Charakterystyka badanych próbek ABK 500

Description of tested AAC 500 samples

Oznaczenie betonu Cellular concrete	Rodzaj betonu Type of cellular concrete	Pochodzenie próbek Origin of samples	Gęstość w stanie suchym, Density at dry state, kg/m ³	Grubość próbek, Sample thickness, mm
ABK 500 ACC 500	Autoklawizowany beton komórkowy technologii piaskowej Autoclaved aerated concrete of sand technology	Wytwórnia betonu komórkowego Cellular concrete plant	540	5,2; 10,4; 20,8; 30,1; 40,5

problem i zbadali efekt redukcji przewodności cieplnej dla trzech rodzajów ABK w zakresie grubości od 2 mm do 15 mm, dla próbek suchych, tzn. uprzednio wysuszonych w temperaturze 105°C (6). Obecnie autorzy (6) dysponują aparatami do badań przewodności cieplnej Fox 314 oraz Fox 300HT (USA), które pozwalają zbadać ten efekt dla próbek ABK o większej grubości.

Efekt redukcji przewodności cieplnej jest znany i przedstawiany w literaturze również jako „efekt grubości” (ang. thickness effect curve). W oparciu o analizę jednoczesnego przewodzenia ciepła i promieniowania w materiałach można wykazać, że uzyskana w wyniku pomiarów przewodność cieplna λ zmienia się z grubością warstwy tych materiałów (7). Dotyczy to również autoklawizowanego piaskowego betonu komórkowego. Zakres grubości warstw, których dotyczy, zależy od wielu parametrów bezpośrednio związanych z przewodzeniem i promieniowaniem – przede wszystkim od wielkości współczynników absorpcji i rozpraszania, łącznie nazywanych ekstynkcją, ale także od emisyjności brzegów warstwy. Dla takich ośrodków charakterystyczne są nieliniowe rozkłady temperatury wzdłuż grubości tych ośrodków (7).

W pracy przedstawiono badania eksperymentalne efektu redukcji przewodności cieplnej w ABK o gęstości 540 kg/m³ i masowej zawartości wilgoci 8%, w zakresie grubości próbek od 5 mm do 40 mm, który uwzględnia również wpływ wilgoci na ten efekt. Badania wykonano w zakresie temperatur od 0°C do 160°C. Badania w podwyższonych temperaturach mają również duże znaczenie, ponieważ beton komórkowy wykazuje bardzo dobrą ognioodporność, wymaganą dla konstrukcji nośnych, nie daje żadnego dymu ani toksycznych gazów. Dane dotyczące grubości próbek ABK do badań przedstawiono w tablicy 1.

Beton komórkowy pochodził z produkcji przemysłowej, w której stosowano polską technologię Unipol z kruszywem piaskowym (piasek kwarcowy kopalniany) (8). Jako spoiwo stosowano wapno palone + cement, poddane suchemu przemiałowi wraz z częścią kruszywa (ok. 20%). Pozostałą część piasku (ok. 80%) mielono łącznie z wodą, uzyskując szlam piaskowy. Sumaryczna ilość wapna + cementu wynosiła około 30%. Dodatkiem powodującym powstawanie porów był proszek aluminiowy. Oprócz powyższych składników do wytwarzania betonu stosowano wodę i środek powierzchniowo czynny. Stosunek woda/składniki suche wynosił ok. 0,55. Sposób wykonania betonu komórkowego polegał na dokładnym odmierzeniu i wymieszaniu składników, przy czym do

kind of AAC within the range of thickness from 2 mm to 15 mm for dry samples being previously dried at temperature of 105 °C. At present the authors (6) have commercial plate apparatus Fox 314 and Fox 300HT (USA) for measuring thermal conductivity which application make possible to examine this effect for AAC samples of greater thickness.

On the base of the simultaneous heat conduction and radiation analysis in materials it is possible to prove that obtained experimentally thermal conductivity λ varies with the layer thickness of these materials (7). It also concerns the autoclaved aerated concrete. The thickness range of the layers where this effect take place depends on many parameters directly connected with the heat conduction and radiation – but first of all it depends on the value of the absorption and scattering coefficients which when added is called the extinction coefficient and in addition it depends on the emissivities of the layer boards. For such media there are characteristic nonlinear temperature distributions along the layer thickness of these materials (7).

In this work the results of experimental investigations of the ‘thickness effect curve’ of AAC with density of 540 kg/m³ and with mass moisture content of 8% mass within the range of sample thickness from 5 mm to 40 mm have been presented. The experimental investigations were carried out in the temperature range from 0°C to 160°C. Investigations at higher temperatures are also important because cellular concrete has a very good fire resistance required for a load-bearing structure, without any emission of smoke or toxic gases. The data concerning AAC sample thickness used for investigations were presented in Table 1.

Cellular concrete was produced by Polish Unipol technology with quartz sand application (8). As a binder the burnt lime + cement subjected to a dry milling with a part of aggregate (about 20%) were used. The remaining part of sand (about 80%) was ground with water to obtain sand slurry. The total quantity of lime + cement was approximately 30%. Aluminium powder was used as a pores forming agent. In addition to the above components water and surfactants were used for concrete manufacture. The ratio water/dry components was about 0.55. The way of making cellular concrete consisted of a precise weighting and mixing of the components, which were successively fed to the mixer: sand slurry + water + a part of surfactant + binder, and stirred for 3 minutes, then the aluminum powder was added previously prepared in a form of

mieszarki wprowadzano kolejno: szlam piaskowy + woda + część środka powierzchniowo-czynnego + spoiwo i mieszano 3 minuty, następnie dodawano proszek aluminiowy uprzednio przygotowany w postaci zawiesiny w wodzie wraz ze środkiem powierzchniowo-czynnym i mieszano dalsze 1,5 minuty. Tak przygotowany żarób wylewano do odpowiednio przygotowanych form, w których wyrastał. Po wyrośnięciu i związaniu blok masy dzielono na krajalnicy na żądane wymiary. Pokrojone zestawy bloków poddawano procesowi autoklawizacji w parze wodnej nasyconej o ciśnieniu 1,3 MPa i temperaturze około 190°C przez 11,5 godziny.

Jak wiadomo w wyniku reakcji zachodzących podczas autoklawizacji w masie betonu komórkowego powstają nowe fazy mineralne – uwodnione krzemiany wapnia o zmiennym stosunku CaO/SiO₂ oraz o różnym stopniu krystaliczności od amorficznego C-S-H (I) począwszy, aż do krystalicznego 1,1 nm tobermorytu. Wiadomo, że wytrzymałość i trwałość ABK zależą między innymi od udziału ilościowego fazy C-S-H (I) i krystalicznego 1,1 nm tobermorytu.

Próbki ABK 500, które poddano badaniom efektu redukcji przewodności cieplnej, objęto także analizą składu fazowego. Te ostatnie badania przeprowadzono na aparacie rentgenowskim XRD-7, firmy Seifert. Do interpretacji wyników wykorzystano programy APX i XRAYAN. Analizę termiczną wybranych próbek ABK 500 wykonano za pomocą aparatu Paulik&Paulik, produkcji węgierskiej. Wykonano również obserwacje pod mikroskopem skaningowym firmy Jeol.

- Na podstawie analizy rentgenograficznej stwierdzono, że głównym składnikiem krystalicznym próbek jest kwarc. W mniejszych ilościach występuje tobermoryt.
- Na krzywych termicznych próbki ABK 500 wystąpiły następujące efekty termiczne:
 - efekt endotermiczny z maksimum w temperaturze 240°C, który jest związany z rozkładem 1,1 nm tobermorytu i innych uwodnionych krzemianów wapnia. Ubytek masy odpowiadający temu efektowi wynosił 6,1%,
 - efekt endotermiczny z maksimum w temperaturze 575°C, który jest związany z przemianą izomorficzną kwarcu. Efektowi temu nie towarzyszy zmiana masy,
 - efekt endotermiczny z maksimum w temperaturze 780°C, który jest związany z rozkładem węglanu wapniowego. Zawartość kalcytu obliczona ubytkiem masy odpowiadającej temu efektowi wynosi 0,3%,
 - efekt egzotermiczny z maksimum w temperaturze 840°C, który jest związany z krystalizacją wollastonitu. Efektowi temu nie towarzyszy zmiana masy,
 - całkowity ubytek masy do temp. 1000°C wyniósł 10,9%.
- Obserwacje pod mikroskopem skaningowym prowadzono na przełamach próbek, po uprzednim napyleniu węglem, a następnie miedzią. Do rejestracji fotograficznej wytypowano charakterystyczne mikroobszary próbek ABK 500, pokazane na rysunkach 1 i 2.

mixture with water + surfactant and mixed next 1.5 min. Afterwards, such prepared batch was moulded and grows. After rising and binding the mass block was divided into the slicer to the desired size. Those elements were being autoclaved in the steam under pressure of 1.3 MPa and at the temperature about 190°C for 11 hours and 30 min.

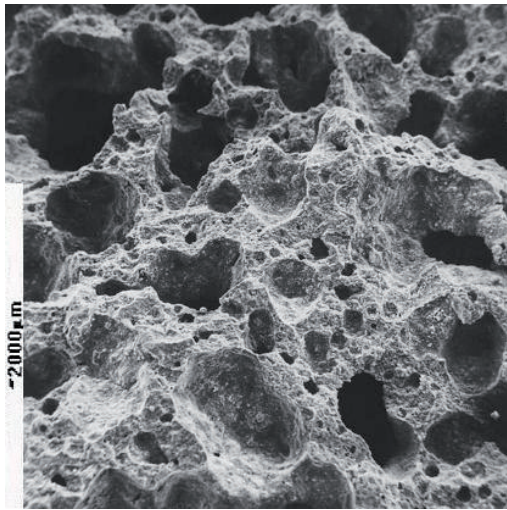
It is known that as a result of reactions during autoclaving in cellular concrete mix the new phases are formed namely hydrated calcium silicates of variable ratio CaO/SiO₂ and with varying degrees of the crystallinity starting from almost amorphous C-S-H (I) until crystalline tobermorite. It is known that the strength and durability of AAC depends on the content of calcium silicate C-S-H (I) and crystalline – 1.1 nm tobermorite.

The phase composition analysis of AAC 500 samples used for “thickness effect curve” was also executed. The crystalline phases presented in these samples were X-ray identified using the diffractometer XRD-7 of Seifert. For phase identification the APX and XRAYAN programs were applied. DTA of selected samples was executed applying the apparatus of Paulik&Paulik. Also the examination of the samples under scanning electronic microscope SEM was done using Joel apparatus.

- X-ray analysis has shown that quartz was the main crystalline phase.
- On DTA curves of AAC 500 samples the following peaks were found:
 - endothermic effect with temperature maximum at 240°C, caused by dehydration of 1.1 nm tobermorite and the other dehydrated calcium silicates with mass loss equal 6.1%,
 - endothermic effect with the temperature maximum at 575°C, which is related to the polymorphic transformation of quartz. This peak is linked with no mass change,
 - endothermic effect with maximum at 780°C, which is caused by decomposition of – calcite. A content of the calcite calculated from the mass decrease is equal 0.3%,
 - exothermic effect with the temperature maximum at 840°C, which is linked with wollastonite crystallization,
 - total mass decrease up to 1000°C is equal 10.9%.
- SEM observations were conducted for the fractured samples covered with carbon and copper film. The microstructure of samples is shown on Fig. 1 and 2.

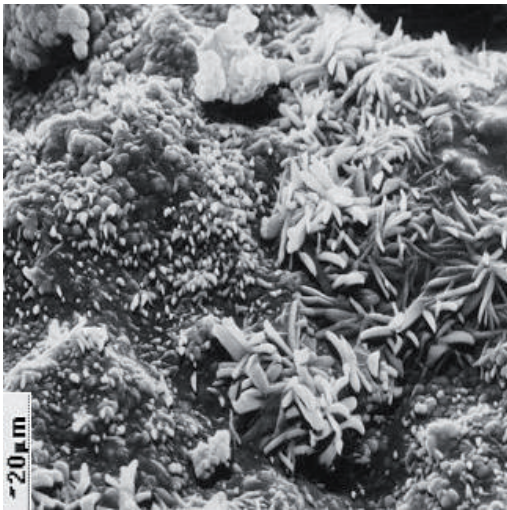
In AAC 500 samples amorphous matrix prevails, but some crystals, principally of tobermorite can also be found [Fig. 2].

X-ray analysis and DTA showed that the qualitative phase composition of the AAC500 samples is typical for cellular concrete manufactured with sand technology.



Rys. 1. ABK 500: powiększenie 20x

Fig. 1. Microstructure of AAC 500 sample, magnification 20x.



Rys. 2. ABK 500: powiększenie 500x

Fig. 2. Microstructure of AAC 500 sample, magnification 500x

W badanej próbce ABK 500 występuje głównie bezpostaciowa matryca oraz kryształy o zróżnicowanych rozmiarach. Na rysunku 2 widoczne są kryształy tobermorytu, natomiast matryca zawiera niewątpliwie bezpostaciowy żel C-S-H.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji składu fazowego można stwierdzić, iż jakościowy skład badanej próbki ABK 500 jest typowy dla betonów komórkowych wyprodukowanych z zastosowaniem technologii piaskowej.

2. Badanie efektu redukcji przewodności cieplnej w zakresie temperatury od 0°C do 70°C

Pomiary przewodności cieplnej λ w funkcji grubości próbki oraz w funkcji temperatury w zakresie od 0°C do 70°C wykonano w aparacie płytowym z miernikami gęstości strumienia ciepła Fox 314, produkcji firmy LaserComp (USA) zgodnie z normą PN-EN

2. Investigations of the 'thickness effect curve' at the temperature range from 0°C to 70 °C

The thermal conductivity investigations as a function of sample thickness and temperature within the range from 0°C to 70°C were carried out according to the standard PN-EN ISO 8301, using the plate apparatus with heat flow meters Fox 314 made by LaserComp (USA). The results concerned the samples shown in Table 1. The dimensions of all samples were 300 x 300 x thickness, mm, and they have been enveloped with STRETCH foil.

The results of the thermal conductivity λ as a function of samples thickness are presented in Table 2 as well as for selected range of $\Delta T = T_2 - T_1$ in Fig. 3 (where T_1 – is the temperature of an upper plate, T_2 – is the temperature of a bottom plate of the measuring apparatus).

The results of the thermal conductivity λ measurements for AAC 500 as a function of temperature were shown in Fig. 4.

3. Investigations of the 'thickness effect curve' at the temperature range from 80°C to 160°C

The investigations of thermal conductivity as a function of samples thickness and at temperature in the range from 80°C to 160°C were carried out; the method and type of apparatus used were given in point 2, and the samples characterization in Table 1. All the samples had dimensions 300 x 300 x thickness, mm, and they have not been enveloped. Obtained results of the thermal conductivity λ as a function of samples thickness and at selected temperature ranges ΔT are presented in Table 3. Results of the thermal conductivity λ measurements as a function of temperature are shown in Fig. 6.

The results of the thermal conductivity λ measurements at the mean temperature of 85°C presented in Fig. 6 were separated for the samples thicker than 5.2 mm from the rest of the charts because of the intensive process of these samples drying at this temperature and then a sharp drop of their thermal conductivity λ at higher temperatures.

4. Summary

The effect of moisture content on the process of coupled heat and mass transfer in AAC 500 samples, and consequently the decrease of their thermal conductivity λ is significant only for samples with thicknesses greater than 30 mm. Within the sample thickness range from 5 mm to 30 mm the influence of moisture content on 'thickness effect curve' can be neglected. In Fig. 7 the results of measurements of thermal conductivity λ for AAC 500 samples are summarized as a function of the sample thickness and at the mean measuring temperatures equal: 5°C and 65°C (enveloped sample – Fig. 3) as well as 85°C and 105°C (non-enveloped sample – Fig. 5)

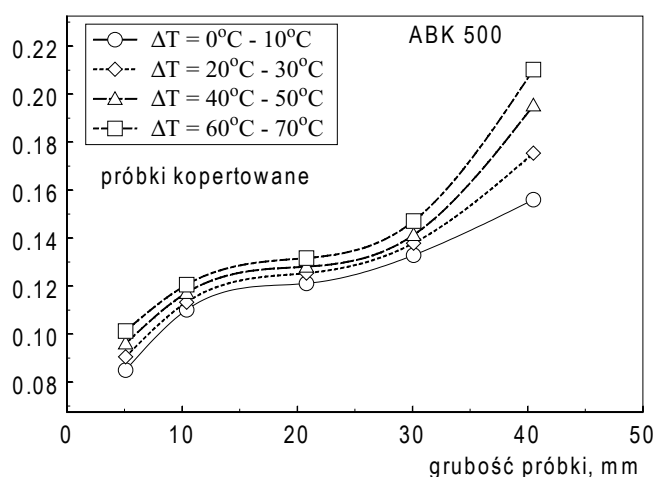
Tablica 2 / Table 2

Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ w funkcji grubości próbki oraz temperatury pomiaru w zakresie od 0°C do 70°C

Results of the thermal conductivity λ as a function of the sample thickness and temperature within the range from 0°C to 70°C

Zakres temperatur Temperature range $T_1 + T_2$ °C	Przewodność cieplna λ dla próbek ABK o różnej grubości, Thermal conductivity λ of AAC samples of various thickness, W/(m·K)				
	5,2 mm	10,4 mm	20,8 mm	30,1 mm	40,5 mm
0 ÷ 10	0,0849	0,1101	0,1211	0,1329	0,1560
10 ÷ 20	0,0874	0,1107	0,1234	0,1356	0,1646
20 ÷ 30	0,0905	0,1133	0,1254	0,1379	0,1754
30 ÷ 40	0,0935	0,1153	0,1266	0,1406	0,1846
40 ÷ 50	0,0961	0,1172	0,1281	0,1413	0,1953
50 ÷ 60	0,0988	0,1189	0,1301	0,1441	0,2033
60 ÷ 70	0,1013	0,1206	0,1317	0,1471	0,2102

λ , W/(m·K)



Rys. 3. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbki ABK 500 w funkcji jej grubości dla średnich temperatur pomiaru równych: 5, 25, 45 i 65°C

Fig. 3. Thermal conductivity λ for AAC 500 as a function of the samples thickness at the mean temperatures equal: 5, 25, 45 and 65°C

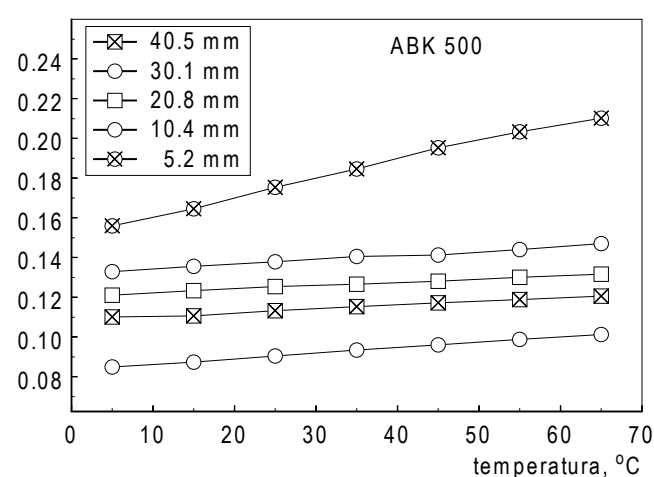
ISO 8301. Dane dotyczą próbek opisanych w tabelicy 1. Wszystkie próbki do badań miały wymiary w 300 x 300 x grubość w mm i były zakopertowane w folii STRETCH. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ w funkcji grubości próbki podano w tabelicy 2 oraz dla wybranych zakresów $\Delta T = T_2 - T_1$ pokazano na rysunku 3. (T_1 – temperatura płyty górnej, T_2 – temperatura płyty dolnej w aparacie pomiarowym).

Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ w funkcji temperatury dla próbki ABK 500 pokazano na rysunku 4.

3. Badanie efektu redukcji przewodności cieplnej próbek w zakresie temperatury od 80°C do 160°C

Pomiary przewodności cieplnej λ w funkcji grubości próbki oraz w funkcji temperatury w zakresie od 80 °C do 160 °C wykonano

λ , W/(m·K)



Rys. 4. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbki ABK 500 w funkcji temperatury oraz w przypadku różnych grubości próbek

Fig. 4. Thermal conductivity λ for AAC 500 as a function of the temperature and for various samples thickness

The 'thickness effect curve' for AAC 500 samples is very strong because in the case of their small thickness, e. g. in vicinity of 0 mm, thermal conductivity can reach even $\lambda = 0.04$ W/(m·K) (6). On the other hand for samples of thickness 30 mm thermal conductivity can reach even $\lambda = 0.14$ W/(m·K). Therefore, the increase of thermal conductivity λ for AAC 500 samples due to the 'thickness effect curve' is more than threefold. This effect is affected additionally by an influence of the moisture content in the samples.

According to the authors' of this work the 'thickness effect curve' resulting from a coupling of radiation with conduction was not included till now in the calculations of heat transfer as well as in the problems of heat and mass transfer.

Continuation of our research in this field should show the merits of taking into account of the 'thickness effect curve' in calculations as well as for consideration of the modelling problems and computational packages, used for partitions designing.

w aparacie opisanym w punkcie 2, zgodnie z normą PN-EN ISO 8301. Dane dotyczące próbek zamieszczono w tabelicy 1. Wszystkie próbki do badań miały wymiary 300 x 300 x grubość w mm i nie były kopertowane. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ w funkcji grubości próbki zebrano w tabelicy 3 oraz dla wybranych zakresów ΔT pokazano na rysunku 5. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbek ABK 500 w funkcji temperatury pokazano na rysunku 6.

Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ dla średniej temperatury pomiaru 85°C przedstawione na rysunku 6 oddzielono dla próbek grubszych niż 5,2 mm od reszty krzywych ze względu na intensywny proces wysychania tych próbek w tej temperaturze i następnie gwałtowny spadek przewodności cieplnej λ w wyższych temperaturach.

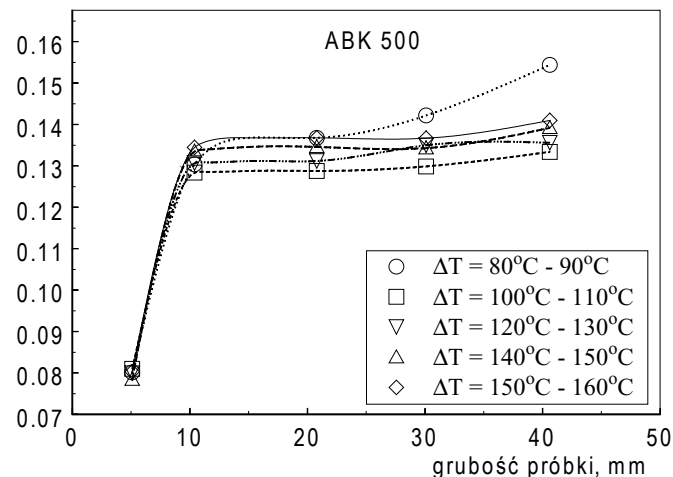
4. Podsumowanie

Wpływ zawartości wilgoci na sprzężony proces wymiany ciepła i masy w ABK 500 i w konsekwencji na efekt zmniejszenia ich przewodności cieplnej λ zaznacza się dopiero w przypadku próbek o grubościach większych niż 30 mm. W przypadku próbek o grubości od 5 mm do 30 mm wpływ wilgoci na efekt redukcji przewodności cieplnej λ jest do pominięcia. Na rysunku 7 zestawiono wyniki pomiarów przewodności cieplnej próbek ABK 500 w funkcji ich grubości w przypadku średnich temperatur pomiaru równych: 5°C i 65°C (próbka kopertowana – rys. 3) oraz 85°C i 105°C (próbka niekopertowana – rys. 5).

Z kolei sam efekt redukcji przewodności cieplnej w przypadku próbek ABK 500 jest bardzo duży, ponieważ dla małych grubości próbek, to znaczy, w pobliżu 0 mm wartość przewodności cieplnej może sięgać nawet $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (6), natomiast w przypadku próbek o grubościach 30 mm - wartości $\lambda = 0,14 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Zatem wzrost przewodności cieplnej badanych próbek ABK 500 spowodowany efektem redukcji przewodności cieplnej jest ponad trzykrotny. Na ten efekt dodatkowo nakłada się wpływ zawartości wilgoci.

Według autorów tej pracy efekt redukcji przewodności cieplnej, wynikający ze sprzężenia promieniowania cieplnego z kondukcją,

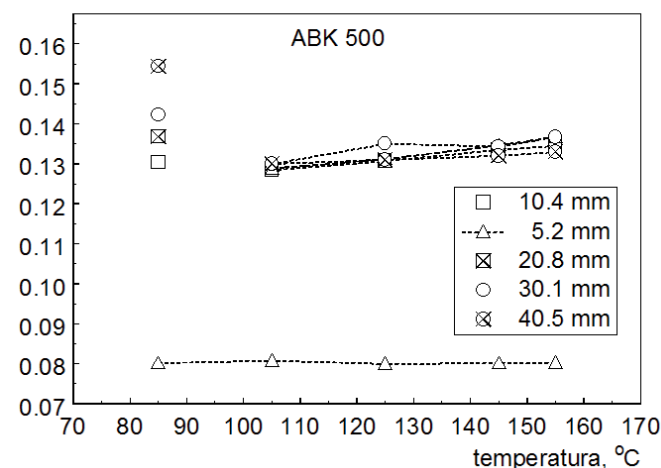
$\lambda, \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$



Rys. 5. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbek ABK 500 w funkcji jej grubości dla średnich temperatur pomiaru równych: 85, 105, 125, 145 i 155°C

Fig. 5. Thermal conductivity λ as a function of the samples thickness at the mean temperature equal: 85, 105, 125, 145 i 155°C

$\lambda, \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$



Rys. 6. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbek ABK 500 w funkcji temperatury dla próbek o różnej grubości

Fig. 6. Thermal conductivity λ as a function of temperature and for various samples thickness

Tabela 3 / Table 3

WYNIKI POMIARÓW PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ λ W FUNKCJI GRUBOŚCI PRÓBK I ORAZ TEMPERATURY POMIARU W ZAKRESIE OD 80°C DO 160°C

RESULTS OF THE THERMAL CONDUCTIVITY λ MEASUREMENTS AS A FUNCTION OF THE SAMPLE THICKNESS AND TEMPERATURE WITHIN THE RANGE FROM 80°C TO 160°C

Zakres temperatur Temperature range $T_1 \div T_2$ °C	Przewodność cieplna λ dla próbek ABK o różnej grubości, Thermal conductivity λ of AAC samples of various thickness, W/(m·K)				
	5,2 mm	10,4 mm	20,8 mm	30,1 mm	40,5 mm
80 ÷ 90	0,0802	0,1304	0,1368	0,1422	0,1544
100 ÷ 110	0,0810	0,1284	0,1288	0,1299	0,1334
120 ÷ 130	0,0799	0,1307	0,1312	0,1350	0,1356
140 ÷ 150	0,0784	0,1335	0,1346	0,1343	0,1392
150 ÷ 160	0,0803	0,1345	0,1368	0,1367	0,1410

The research support by the Ministry of Science and Higher Education under the grant N N506 399035.

nie był do tej pory uwzględniany w obliczeniach wymiany ciepła, w tym również w zagadnieniach transportu ciepła i masy.

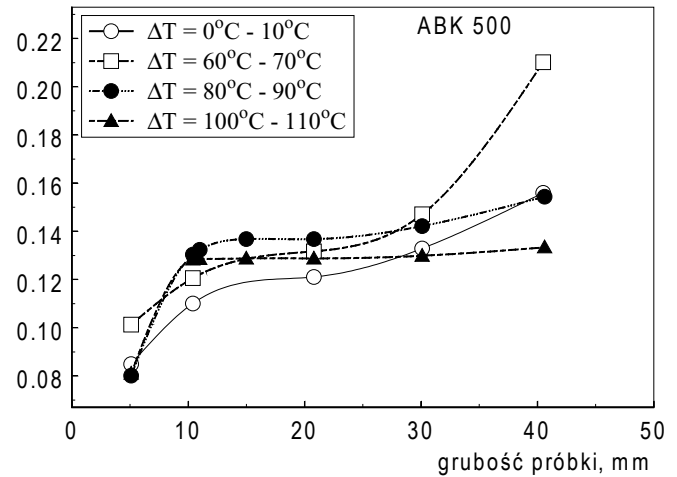
Kontynuacja naszych badań w tym zakresie powinna wykazać zasadność uwzględniania efektu redukcji przewodności cieplnej w obliczeniach, zarówno w przypadku rozpatrywania problemów modelowania jak również w pakietach obliczeniowych wykorzystywanych przy projektowaniu rozwiązań przegród.

Praca realizowana jest w ramach projektu badawczego nr N N506 399035

Literatura / References

1. M. Łaś, G. Zapotoczna-Sytek: Dotychczasowe doświadczenia w określaniu właściwości cieplnych betonu komórkowego zgodnie z nowym podejściem. XVII Konferencja Naukowo-Techniczna Jadwisin 2002 r. „Beton i prefabrykacja”, Materiały Konferencyjne, tom 1, str. 195.
2. J. P. Laurent, C. Guerre-Chaley: Influence of water content and temperature on the thermal conductivity of autoclaved aerated concrete, *Matr Structure* 28, 1995, str. 164.
3. C. Bonacina, M. Campanale, L. Moro: Analytical and experimental investigations on the heat transfer properties of light concrete. Materiały Konferencyjne 17 ECTP, Londyn 2002.
4. D. J. Gawin, J. Kosny, K. Wilkes: Thermal conductivity of moist cellular concrete – experimental and numerical study, *Buildings IX, ASHRAE* 2004, str. 1.
5. N. Narayanan, K. Ramamurthy: Structure and properties of aerated concrete: a review, *Cem. & Concr. Comp.* 22, 2000, str. 321.
6. G. Zapotoczna-Sytek, J. Zmywaczyk, P. Koniorczyk: Thickness effect curve in autoclaved aerated concrete, 16th European Conference on Thermophysical Properties, 2002, Londyn. Materiały Konferencyjne, str. 1.
7. P. Koniorczyk, J. Zmywaczyk: Badania radiacyjno-kondukcyjnej wymiany ciepła, monografia WAT, Warszawa, 2008.
8. G. Zapotoczna, H. Jatymowicz, J. Siejko: Technologia autoklawizowanego betonu komórkowego, Warszawa, Wyd. Arkady 1980.

λ , W/(m*K)



Rys. 7. Wyniki pomiarów przewodności cieplnej λ próbki ABK 500 w funkcji jej grubości dla średnich temperatur pomiaru równych: 5°C i 65°C (próbka kopertowana) oraz 85°C i 105°C (próbka niekopertowana)

Rys. 7. The results of thermal conductivity λ measurements for AAC 500 samples as a function of their thickness at mean measuring temperature equal: 5°C and 65°C (enveloped sample) as well as 85°C and 105°C (non-enveloped sample)