

WPLYW MIKROSTRUKTURY POWIERZCHNI NA KONTAKTOWY OPÓR CIEPLNY STYKU BETONÓW Z TERMOIZOLACJĄ

Streszczenie

Praca poświęcona jest przebiegowi procesów wymiany ciepła w przegrodach budowlanych na styku dwóch chropowatych warstw. Powierzchnie materiałów nie są idealnie gładkie, co za tym idzie kontakt występuje jedynie w obszarze rzeczywistego styku. Analizie matematycznej oraz symulacji komputerowej, przy zachowaniu praw rządzących przepływem ciepła, poddane zostały modele na dwóch poziomach obserwacji: w skali makro oraz mikro. Przeprowadzenie analizy geometrycznej oraz termicznej rozpatrywanych materiałów i obszaru ich kontaktu dostarczyło informacji o rzeczywistych warunkach pracy i ich wpływu na parametry izolacyjne przegrody budowlanej.

W pracy zbadany został problem niewyjaśniony w dotychczasowej literaturze naukowej, który zawiera się w wyznaczeniu współczynnika przenikania ciepła, a konkretnie w obliczaniu wartości oporów kontaktowych na styku warstw przy różnym przygotowaniu powierzchni kontaktu materiałów. W rozpatrywanej przegrodzie szczeliny powietrzne spowodowane mogą być małymi zmianami wymiarów wyrobu izolacyjnego (odchyłki wymiarów), zmianami od instalacji czy odchyłkami wymiarów samej konstrukcji i jej nieregularności. Analizie poddane zostały miejsca, w których warstwa izolacji termicznej (styropianu) jest w kontakcie z betonem i keramzytobetonem oraz miejsca występowania szczelin między nimi powstające wskutek realizacji prac termoizolacyjnych w systemie ETICS.

Dla wyznaczenia wartości oporu kontaktowego na styku warstw materiałów w przegrodzie budowlanej, przeprowadzona została analiza termiczna oraz mającą wpływ na przepływ ciepła, analiza geometryczna. Analiza termiczna przeprowadzona została trzema metodami: metodą laboratoryjną, metodą symulacji numerycznych i metodą doświadczalną w warunkach rzeczywistych. W analizie geometrycznej wykorzystano metody inżynierii odwrotnej: skaningu i modelowania 3D, które dostarczyły informacji do prowadzenia pomiarów warstwy wierzchniej i budowy cyfrowych modeli przegród. Po weryfikacji i walidacji modelu obliczeniowego, wykonano badania numeryczne uwzględniające zmianę chropowatości warstwy wierzchniej w skali mikro i makro, która ma znaczący wpływ na sposób kontaktu i przebieg zjawisk wymiany ciepła.

W badaniach analizowano dwa układy przegród warstwowych:

- pierwszy z nich oddający rzeczywiste warunki istniejące w ścianach pionowych wznoszonych z betonowych elementów prefabrykowanych, ze szczeliną między betonem a termoizolacją wypełnioną powietrzem lub klejem,
- drugi ustawiony w poziomie, w którym keramzytobeton i termoizolacja są w bezpośrednim kontakcie.

W pierwszym z nich zbadano, jak zmienia się wartość oporu cieplnego szczeliny:

- pod wpływem zmiany mikrostruktury powierzchni po zastosowaniu domieszek do betonu,
- po wypełnieniu jej zaprawą klejącą,
- po zmianie mikrostruktury powierzchni betonu wskutek pokrycia jej powłoką refleksyjno – wygładzającą.

W każdym z wariantów badano wpływ zmiany odległości między betonem a termoizolacją w zakresach: 10, 15, 20 mm. W układach zbudowanych z keramzytobetonów analizowano wpływ zmiany mikrostruktury powierzchni poprzez szlifowanie, na kontaktowe opory cieplne.

Badania wykazały, że znaczący wpływ na opór kontaktowy na styku warstw materiałów ma zmiana ukształtowania faktury betonu. Po naniesieniu powłoki refleksyjno - wygładzającej nastąpiła redukcja emisyjności z $\varepsilon=0,93$ do $\varepsilon=0,29$, co wpłynęło na wzrost oporu cieplnego w szczelinie powietrznej o ok. 88,5%. Zastosowanie domieszek do betonu, w postaci przyspieszacza wiązania, spowodowało wzrost oporu cieplnego w szczelinie powietrznej o 1,9%. Zmiana grubości szczeliny powietrznej z 10 do 15 mm wpływa na wzrost oporu cieplnego o około 12%, a po naniesieniu powłoki o około 19%. Zwiększenie grubości szczeliny o kolejne 5 mm nie ma znaczącego wpływu na wzrost oporu i oscyluje w granicach 2%. Zarejestrowano znaczące zmiany struktury geometrycznej powierzchni keramzytobetonów po szlifowaniu. W układach, w których keramzytobeton jest w bezpośrednim kontakcie z termoizolacją, nierówności wpływają na wzrost oporu kontaktowego. Po szlifowaniu powierzchni opór cieplny szczeliny powietrznej został obniżony o około 70%. Zjawisko to związane jest ze wzrostem rzeczywistej powierzchni kontaktu między ciałami, w której transport ciepła realizowany jest na drodze przewodzenia.

Zastosowane w badaniach rozwiązania modyfikacji mikrostruktury powierzchni wpływają na zmianę kontaktowych oporów cieplnych między betonem a termoizolacją i mogą być stosowane jako innowacyjna metoda podnoszenia parametrów cieplnych budynków.

EFFECT OF SURFACE MICROSTRUCTURE ON CONTACT THERMAL RESISTANCE OF CONCRETE CONTACT WITH THERMAL INSULATION

Abstract

The thesis concerns the course of heat transfer processes in building partitions at the interface of two rough layers. The surfaces of the materials are not perfectly smooth, consequently, their contact occurs only in the area of the actual contact. After verification and validation of the models in laboratory conditions, numerical simulations were carried out in consistence to the rules of heat transfer. The thermal analyzes were preceded by a geometric analysis of the material surfaces at two levels of observation: at a macro and micro scales. As a result, the information provided regarding the contact area of the materials allowed for the estimation of the influence of the surface microstructure on the insulation parameters of the building envelope in real working conditions.

The dissertation examines a problem, poorly referred to in publications, which contains the determination of the heat transfer coefficient, particularly in calculations of contact resistance values at the interface of layers which surfaces were differently prepared. In the considered partitions, air gaps can be caused by small changes in the dimensions of the thermal insulation or dimensional deviations of the structure irregularities. Places where the thermal insulation layer is in contact with concrete were analyzed.

To determine the value of contact resistance at the interface of material layers in the building partition, thermal analyses were carried out in the thermal system and a geometric analysis was carried out in the geometric system, affecting the heat flow. Thermal analyses were carried out using three methods: laboratory method, numerical simulation method and real-world experimental method. The geometric analysis used reverse engineering methods: scanning and 3D modelling, which provided information to guide measurements of the surface layer and to build digital models of the partitions. After verification and validation of the computational model, numerical studies were carried out to take into account the change in roughness of the surface layer on a micro and macro scale, which has a significant impact on the contact method and the course of heat transfer phenomena.

The study analysed two layered partition systems:

- one - reflecting the actual conditions existing in vertical walls erected from precast concrete elements, with the gap between the concrete and the thermal insulation filled with adhesive mortar,
- the other one - set horizontally, where the expanded concrete and thermal insulation are in direct contact.

The first one examined how the value of the thermal resistance of air gaps changes:

- Under the influence of the change in surface microstructure after the application of admixtures for concrete,
- after filling it with adhesive mortar
- following the microstructure of the concrete surface changes, due to the reflective-smoothing coating.

In each variant, the effect of changing the distance between the concrete and thermal insulation in the ranges: 10, 15, 20 mm were studied. In systems built of expanded concrete, the effect of microstructure changing of the surface by grinding, on contact thermal resistance was analysed.

The study showed that the contact resistance at the interface of material layers is significantly affected by the change in the concrete surface. After the application of the reflective-smoothing coating, the emissivity, were reduced from $\varepsilon=0,93$ to $\varepsilon=0,29$, resulting in some increase of thermal resistance in the air gap about 88,5%. Concrete admixtures resulted in some increase of thermal resistance in the air gap about 1,9%. Changing the thickness of the air gap from 10 mm to 15 mm increases the thermal resistance about 12%, and about 19% after applying the coating.

Increasing the thickness of the gap by another 5 mm has no significant effect on the increase in resistance and oscillates within 2%. But some more significant changes in the geometric structure of the surface of expanded clay concrete after grinding were observed. In the systems where expanded concrete is in direct contact with the thermal insulation, the irregularities affect the contact resistance increase. After grinding the surface, the thermal resistance of the air gap was reduced about 70%. This phenomenon is associated with an increase in the actual contact area between the bodies, in which heat transport is carried out by conduction.

The surface microstructure modification solutions applied in the study change the contact thermal resistance between concrete and thermal insulation, and can be used as an innovative method to improve the thermal performance of buildings.