

Tomasz MUZYCZUK*
Politechnika Śląska

ZAGADNIENIA PAROPRZEPUSZCZALNOŚCI SYSTEMU BSO NA BAZIE STYROPIANU

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań paroprzepuszczalności systemu ocieplającego BSO na bazie styropianu, z uwzględnieniem wybranych układów szczelin i otworów w warstwie termoizolacyjnej.

THE PROBLEM OF VAPOUR PERMEABILITY OF THE BSO SYSTEM BASED ON STYROFOAM THERMAL INSULATION

Summary. The results of investigations on vapour permeability of the BSO system based on styrofoam heat insulation presented. Research were carried out with regard to different arrangements and dimensions of gaps and holes in heat insulation background.

1. Wstęp

Stan wilgotnościowy przegrody budowlanej charakteryzuje rozkład przestrzenny wilgoci i tendencje przewidywanych jego zmian, tj. czy będzie następować wysychanie materiałów przegrody z wilgoci technologicznej i budowlanej, czy też wystąpi okresowe lub postępujące zawilgocenie. Nadmierna zawartość wilgoci w przegrodach budowlanych negatywnie wpływa na ich izolacyjność cieplną i trwałość, a także na zdrowie mieszkańców budynków. Przegroda powinna więc móc wysychać z ewentualnego zawilgocenia początkowego i nie ulegać narastającemu zawilgoceniu w warunkach eksploatacji [6].

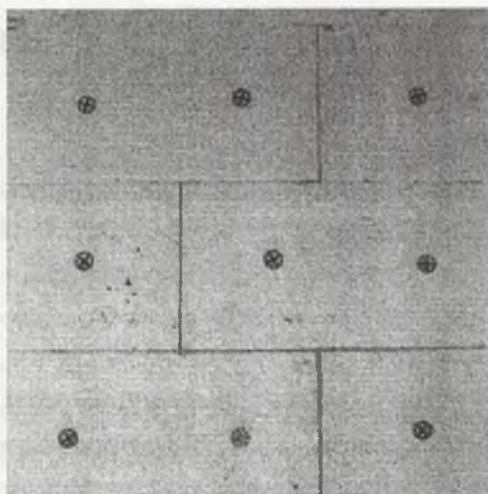
W przypadku zastosowania styropianu jako ocieplenia zewnętrznego zachodzi obawa wykroplenia pary wodnej wewnątrz przegrody, czego powodem może być wysoki opór dyfuzyjny materiału termoizolacyjnego. Analizując jednak opór dyfuzyjny całego systemu ocieplającego, należy uwzględnić zjawisko przepuszczalności pary wodnej przez spoiny pomiędzy płytami styropianu.

*Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Henryk Krause.

Celem badań była próba określenia przepuszczalności pary wodnej systemu ocieplającego (na bazie styropianu i tynku akrylowego) przy zastosowaniu wybranych układów spoin.

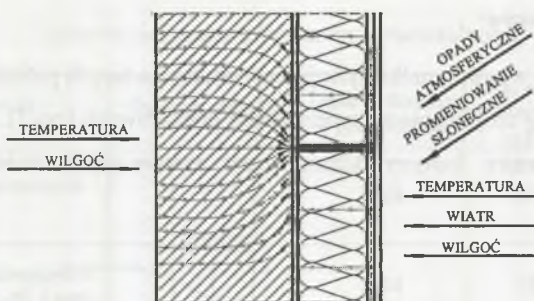
2. System BSO w praktyce

Wykonywanie ocieplenia budynku zgodnie z instrukcją nr 334/01 „Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków” dopuszcza występowanie spoin pomiędzy płytami styropianu do szerokości 2 mm. Również stosowanie łączników mechanicznych, których zastosowanie wynika z warunków technologicznych, powoduje punktowe przebicie izolacji termicznej (rys. 1).



Rys. 1. Widoczne układy spoin w trakcie wykonywania i eksploatacji BSO
Fig. 1. Visible arrangements of joints during execution and service life of the BSO system

Na trwałość warstwy ocieplenia systemu BSO, obok warunków materiałowo-technologicznych, istotny wpływ mają warunki środowiskowe, związane z oddziaływaniem zewnętrznych czynników klimatycznych oraz wewnętrznym mikroklimatem pomieszczeń. Schemat czynników środowiskowych oddziałujących na zewnętrzną przegrodę budowlaną przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Czynniki wewnętrzne i zewnętrzne oddziałujące na przegrodę
Fig. 2. The external wall under influence of internal and external agents

3. Badania laboratoryjne

W celu przeprowadzenia eksperymentu dotyczącego wpływu nieciągłości izolacji termicznej na paroprzepuszczalność systemu BSO wzorowano się na normie DIN EN 12088 oraz PN-B-10106.

3.1. Przygotowanie próbek układu ocieplającego

Próbki układu ocieplającego o wymiarach 500x500 mm, które poddano badaniom, sporządzono wg typowego układu warstw BSO na bazie styropianu, stosując następujące materiały:

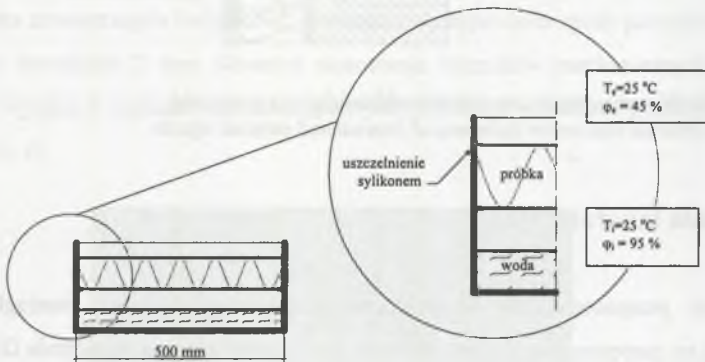
- warstwa termoizolacyjna wykonana z styropianu odmiany 15 i grubości 5 cm,
- zaprawa klejowa na bazie polimeru - do wykonania warstwy zbrojonej,
- środek gruntujący na bazie drobnoziarnistych dyspersji polimerowych - do wykonania warstwy szczerwnej,
- masy tynkarskie na bazie dyspersji styrenowo-akrylowej - do wykonania wyprawy elewacyjnej.

Warstwę zbrojącą wykonano przy zastosowaniu tkaniny szklanej i zaprawy klejowej. Pocienioną wyprawę elewacyjną wykonano na podłożu z zaprawy klejowej, zagruntowanej warstwą szczerwą.

Wykonane do badań próbki układu ocieplającego przechowywano przez okres 28 dni w warunkach powietrzno suchych.

3.2. Przebieg pomiarów

Do wyznaczenia współczynnika dyfuzji pary wodnej badanych próbek wykonano pomiary ubytków masy wody znajdującej się w zestawach pomiarowych (rys.3). Zestawy pomiarowe umieszczono wewnątrz komory klimatycznej zapewniającej stałe warunki cieplno-wilgotnościowe.



Rys. 3. Zestaw pomiarowy wraz z badaną próbką
Fig. 3. The surveying equipment with a tested sample

Pomiary przeprowadzono w temperaturze 25°C i przy średniej różnicy wilgotności względnej po obu stronach próbki, wynoszącej $\Delta\phi=50\%$.

Przed rozpoczęciem pomiarów próbki sezonowane były w warunkach laboratoryjnych do czasu ustabilizowania się masy.







4. Wyniki badań

Opór dyfuzyjny Z został określony w procesie ustalonego przepływu pary wodnej, po stabilizacji zaadsorbowanej wilgoci na ściankach kapilar jako stosunek różnicy ciśnienia cząstkowego pary wodnej po obydwu stronach próbki do gęstości strumienia pary wodnej przez nią przenikającej [5].

Na podstawie oporu dyfuzyjnego Z wyznaczono współczynniki oporu μ oraz równoważną warstwę powietrza s_d (tab.1).

Zestawienie parametrów paroprzepuszczalności

Tabela 1

| Lp. | Badane próbki | Schemat szczelin | Opór dyfuzyjny $Z [(m^2 \cdot h \cdot Pa)/g]$ | Wsp. oporu dyfuzyjnego $\mu [-]$ | Warstwa równoważna powietrza $s_d [m]$ |
|-----|---|---|--|--|--|
| 1. | Układ płyt styropianowych pełny. |  | 2868 | 37 | 2,03 |
| 2. | Układ płyt styropianowych z pionową szczeliną gr. 1 mm. |  | 2708 | 35 | 1,90 |
| 3. | Układ płyt styropianowych z pionową szczeliną gr. 2 mm. |  | 2453 | 32 | 1,76 |
| 4. | Układ płyt styropianowych z krzyżową szczeliną gr. 1 mm. |  | 2242 | 29 | 1,59 |
| 5. | Układ płyt styropianowych z jednym otworem \varnothing 8 mm. |  | 2641 | 34 | 1,90 |
| 6. | Układ płyt styropianowych z czterema otworami \varnothing 8 mm. |  | 2444 | 31 | 1,70 |

Różnice paroprzepuszczalności próbek ze szczelinami dyfuzyjnymi przedstawiono w stosunku do układu pełnego z płyt styropianowych, jako procentową zmianę oporu dyfuzyjnego (tab.2) na podstawie poniższej zależności:

$$P = \frac{Z_{pe} - Z_{sz}}{Z_{pe}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

Z_{pe} - opór dyfuzyjny układu pełnego, $[(m^2 h Pa)/g]$,

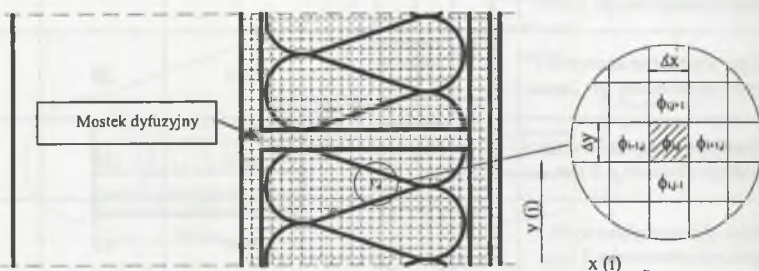
Z_{sz} - opór dyfuzyjny układu ze szczelinami (otworami), $[(m^2 h Pa)/g]$.

Tabela 2
Zmiana paroprzepuszczalności układów ze szczelinami
w stosunku do układu pełnego

| Lp. | Rodzaj próbek | Poprawa paroprzepuszczalności [%] |
|-----|---|---|
| 1. | Układ płyt styropianowych z pionową szczeliną gr. 1 mm. | 6 |
| 2. | Układ płyt styropianowych z pionową szczeliną gr. 2 mm. | 14 |
| 3. | Układ płyt styropianowych ze spoiną krzyżową gr. 1 mm. | 22 |
| 4. | Układ płyt styropianowych z jednym otworem \varnothing 8 mm. | 8 |
| 5. | Układ płyt styropianowych z czterema otworami \varnothing 8 mm. | 15 |

5. Model przepływu ciepła i wilgoci w obszarze nieciągłości materiału termoizolacyjnego

Miejsca nieciągłości materiału termoizolacyjnego o znacznym oporze dyfuzyjnym, zwane mostkami dyfuzyjnymi (rys.4), można traktować jako obszar płaski, przez który ciepło i wilgość (masa) przenika w dwóch zasadniczych kierunkach, tj. wzdłuż i w poprzek płaszczyzny wyznaczonej przez przegrodę, pod wpływem różnicy temperatur i różnicy ciśnień pary wodnej.



Rys. 4. Schemat dyskretyzacji obszaru mostka systemu BSO siatką prostokątów
Fig. 4. Scheme of discretized heat leakage bridge in the BSO system by rectangular net

W dalszej pracy zostaną podjęte próby symulacji komputerowej przepływu pary wodnej przez ocieplenie na bazie styropianu z uwzględnieniem mostków dyfuzyjnych. W tym celu wykorzystany zostanie program WUFI-2D opracowany przez Fraunhofer Institut für Bauphysik, który przepływ wilgoci i ciepła traktuje w sposób sprzężony w dwóch płaszczyznach, bazując na równaniach przepływu ciepła i wilgoci podanymi przez H.M.Künzel [3],[4]:

$$\frac{dH}{d\vartheta} \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right) + h_v \frac{\partial}{\partial x} \left(\delta_{px} \frac{\partial \varphi P_{sat}}{\partial x} \right) + h_v \frac{\partial}{\partial y} \left(\delta_{py} \frac{\partial \varphi P_{sat}}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\frac{dw}{d\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{px} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \delta_{px} \frac{\partial \varphi P_{sat}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{py} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \delta_{py} \frac{\partial \varphi P_{sat}}{\partial y} \right) \quad (3)$$

gdzie:

$dH/d\vartheta$ - pojemność cieplna wilgotnego materiału, [J/m³K],

$dw/d\varphi$ - zawartość wilgoci w materiale, [kg/m³],

λ_x, λ_y - współczynnik przewodzenia ciepła wilgotnego materiału, W/mK],

ϑ - temperatura, [°C],

h_v - utajone ciepło przemiany fazowej, [J/kg],

D_{px} , D_{py} - współczynnik dyfuzji cieczy, [kg/ms],

Φ - wilgotność względna, [-],

δ_{px} , δ_{py} - współczynnik przepuszczalności pary wodnej, [kg/msPa],

p_{sat} - ciśnienie nasycenia pary wodnej, [Pa].

6. Wnioski

Zaprojektowane zgodnie z instrukcją nr 334/01 „Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków” ocieplenie przegród na bazie styropianu wymaga właściwego doboru materiałów nie tylko pod względem termoizolacyjności, ale również pod względem paroprzepuszczalności całego układu ocieplającego.

W celu zminimalizowania zawartości pary wodnej w przegrodzie i możliwości jej wykroplenia w przegrodzie, będącej potencjalną przyczyną destrukcji układu ocieplającego, opór dyfuzyjny poszczególnych jego warstw powinien być malejący w kierunku zewnętrznym, przy równoczesnym uwzględnieniu nieciągłości styropianu.

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań można stwierdzić, że występujące szczeliny i otwory w warstwie styropianu, tj. materiału o dużym oporze dyfuzyjnym, znacznie zwiększają możliwość przepływu pary wodnej.

Obecny etap badań dotyczy wpływu zewnętrznych czynników klimatycznych na proces termodyfuzyjny, z uwzględnieniem wpływu wielkości spoin i otworów na potencjał wilgotnościowy przegrody.

LITERATURA

1. Holm A., Künzel H.M.: Non-isothermal moisture transfer in porous building materials. Fraunhofer-Institut for Building Physics, Holzkirchen, Germany. Materialsweek-Munich, September 2000.
2. Krus M., Holm A.: Simple methods to approximate the liquid transport coefficients describing the absorption and drying. International Building Physics Conference, September 2000.
3. Künzel H.M.: Moisture risk assessment of roof constructions by computer simulation in comparison to the standard Glaser-method. Eindhoven International Building Physics Conference, September 2000.

4. Künzel H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1995.
5. Płoński W.: Problem wilgoci w przegrodach budowlanych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1968.
6. Wyrwał J., Świrski J.: Problemy zawilgocenia przegród budowlanych. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa 1998.
7. Praca zbiorowa pod redakcją Klemma P.: Fizyka materiałów i konstrukcji budowlanych. Wybrane modele i metody badań, Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, Łódź 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Wyrwał

Abstract

To design a proper styrofoam insulation of external wall, according to instruction document No 334/01: "The unjointed thermal insulation system of building external walls", requires suitable employment of materials, not only with regard to heat insulation properties but vapor permeability of total system.

On the ground of carried out research, it's possible to ascertain that gaps and holes in styrofoam insulation, having high diffusion resistance, cause much more flow of moisture and damp distribution inside an isolated partition.