

dr inż. Adam Wawrzynowicz<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Jarosław Florczuk<sup>2)</sup>

# Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda$ izolacji PIR w świetle polityki zgodności

Proces wytwarzania i kontroli wyrobów budowlanych powinien zapewnić odpowiedni poziom deklarowanych właściwości zgodnie z ich zastosowaniem i obowiązującymi przepisami. W artykule przedstawiono wytyczne i wymagania normowe stosowane przez producentów izolacji poliuretanowych przy wprowadzaniu wyrobów na rynek (wg PN-EN 13165+A2:2016-08 [1]). Celem artykułu jest wyjaśnienie różnicy pomiędzy wartością współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  oraz współczynnika oporu cieplnego  $R$  na poszczególnych etapach produkcji i weryfikacji, jak również wykazanie, że w zależności od sposobu wykonania obliczeń, pomimo zgodności z wytycznymi normy, wartości deklarowane mogą się różnić.

## Produkt i podstawowe charakterystyki

Izolacje poliuretanowe wytwarzane fabrycznie składają się z poliuretanowego rdzenia (PIR) oraz okładzin zewnętrznych, których grubość zgodnie z normą produktu [1] nie przekracza 3 mm. Przykładowymi okładzinami są kompozytowa folia aluminiowa oraz warstwa z żywicy poliestrowych zbrojonych włóknem szklanym.

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  jest parametrem materiałowym, określającym intensywność wymiany ciepła przez dany materiał.  $\lambda$  może reprezentować przewodność cieplną materiału w pierwszych dniach po wyprodukowaniu (tzw. wartość początkowa) lub uwzględnić efekt starzenia.

<sup>1)</sup> Balex Metal; Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska  
<sup>2)</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

\*) Adres do korespondencji:  
a.wawrzynowicz@balex.eu

Współczynnik  $R$  określa opór termiczny, jaki warstwa danego materiału stawia transmisji ciepła, a jego wartość jest odwrotnie proporcjonalna do wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$ . Efektywność cieplna materiałów termoizolacyjnych zwiększa się wraz ze wzrostem oporu cieplnego.

## Wartość początkowa współczynnika $\lambda$

Oznaczenie wartości początkowej współczynnika  $\lambda$  jest jednym z elementów oceny typu produktu (ang. *Product Type Determination*). Badanie wartości początkowej współczynnika  $\lambda$  izolacji PIR przeprowadza się zgodnie z normą EN 12667 [2] w temperaturze średniej  $10 \pm 0,3^\circ\text{C}$ , a wartość otrzymaną z pomiarów podaje się z dokładnością do  $0,0001 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Norma dopuszcza badanie w innej temperaturze średniej pod warunkiem, że zależność właściwości cieplnych od temperatury jest znana i dobrze udokumentowana. W każdym przypadku próbki powinny podlegać badaniom w okresie 1 – 8 dni po wyprodukowaniu [1].

## Efekty starzeniowe

Norma produktu [1] dopuszcza dwie metody oceny efektów starzeniowych:

- metodą uproszczoną (ang. *Fixed increment procedure*), która pozwala na ocenę produktu na podstawie badań początkowego współczynnika przewodzenia ciepła, skorygowanego dodatkiem poprawkowym reprezentującym efekty starzeniowe;
- metodą pomiarową z procedurą przyspieszonego starzenia (ang. *Accelerated ageing procedure*), wymagającą przeprowadzenia testów trwających średnio 175 dni.

Ze względu na krótszy czas badań i mniejsze nakłady finansowe **prefero-**

wana jest metoda uproszczona. Porównanie metod na podstawie wyników badań przedstawiono w [3]. W dalszej części artykułu skupiono się na metodzie uproszczonej.

## Wartości deklarowane wg metody uproszczonej

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_{90/90}$  uwzględniającego efekty statystyczne oraz starzeniowe określa się na podstawie wyników badań dla co najmniej 10 próbek. Obliczenia wykonuje się wg zależności (wzór C.2 z załącznika C normy produktu [1]):

$$\lambda_{90/90} = \lambda_{\text{mean},i} + k_i \cdot s_{\lambda,i} + \Delta\lambda_f$$

gdzie:

$\lambda_{\text{mean},i}$  – średni współczynnik przewodzenia ciepła z wartości początkowych;

$k_i$  – współczynnik związany z dostępną liczbą wyników badań;

$s_{\lambda,i}$  – estymacja standardowego odchylenia wartości początkowych współczynnika przewodzenia ciepła;

$\Delta\lambda_f$  – dodatek poprawkowy na podstawie tabeli C.2 normy produktu [1], który zależy od grubości wyrobu, rodzaju gazu wypełniającego komórki rdzenia oraz typu okładzin.

Norma [1] rozróżnia dwa typy okładzin:

- dyfuzyjnie zamknięte w myśl ASTM D 3985 [4], potocznie zwane gazoszczelnymi;
- dyfuzyjnie otwarte, równoważne brakowi okładziny.

Zgodnie z procedurą z normy [1], wartość deklarowana współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$  otrzymywana jest przez zaokrąglenie wartości  $\lambda_{90/90}$  w górę z dokładnością do  $0,001 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Natomiast wartość oporu cieplnego  $R_{90/90}$  obliczana jest na podstawie grubości nominalnej  $d_{N^*}$  odpowiadającej wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_{90/90}$ , przy czym wartość deklarowaną oporu cieplnego  $R_D$  wyznacza się przez zaokrąglenie wartości  $R_{90/90}$  w dół z dokładnością do  $0,05 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .

## Przykład obliczeniowy

Przykład obliczeniowy poliuretanowej płyty izolacyjnej w okładzinach zamkniętych dyfuzyjnie, o grubości 40 – 100 mm, pokazuje, że liczba badanych próbek materiału może wpływać na wartość deklarowaną współczynnika oporu termicznego  $R_D$  pomimo braku wpływu na wartość deklarowaną współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$  (tabela 1 i 2). Analizowany

**Tabela 1. Obliczenie deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$  na podstawie 10 próbek**

Współczynnik przewodzenia ciepła										
$t_N$ [mm]	40	40	50	50	60	60	80	80	100	100
$\lambda_i$ [W/(mK)]	0,0189	0,0190	0,0180	0,0182	0,0181	0,0183	0,0176	0,0174	0,0178	0,0192
$i = 10; k = 2,07; \lambda_{mean,i} = 0,01825; \Delta_{\lambda,i} = 0,0015$ W/(m·K)										
$\lambda_{90,90} = 0,02101; \lambda_D = 0,022$ W/(m·K)										

**Tabela 2. Obliczenie deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$  na podstawie 14 próbek**

Współczynnik przewodzenia ciepła									
$t_N$ [mm]	40	40	40	50	50	50	60	60	60
$\lambda_i$ [W/(mK)]	0,0189	0,0190	0,0189	0,0180	0,0182	0,0191	0,0181	0,0183	0,0189
$t_N$ [mm]	80	80	80	100	100				
$\lambda_i$ [W/(mK)]	0,0176	0,0174	0,0191	0,0178	0,0192				
$i = 14; k = 1,90; \lambda_{mean,i} = 0,01852; \Delta_{\lambda,i} = 0,0015$ W/(m·K)									
$\lambda_{90,90} = 0,02137; \lambda_D = 0,022$ W/(m·K)									

produkt składa się z jednej warstwy termoizolacji w okładzinach o pomijalnym oporze cieplnym. W związku z tym, zgodnie z [1] pominięto wpływ współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  okładzin.

Na podstawie porównania wartości przedstawionych w tabeli 3 stwierdzono, że zwiększenie liczby testowanych próbek materiału z 10 do 14 doprowadziło do obniżenia deklarowanego oporu cieplnego przy niezmiennym deklarowanym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda_D$ .

## Podsumowanie i wnioski

W artykule zaprezentowano znormalizowaną metodę oceny właściwości cieplnych poliuretanowych płyt termoizolacyjnych PIR. Przedstawiony przykład obliczeniowy stanowi szczególnie przypadkowy, gdy wykorzystanie procedury normowej prowadzi do uzyskania różnych wartości deklarowanego oporu cieplnego  $R_D$  materiału przy tej samej wartości deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$ . W analizo-

**Tabela 3. Porównanie deklarowanych wartości oporu cieplnego  $R_D$  dwóch zestawów wartości  $\lambda_D$**

$t_N$ [mm]	40	50	60	80	100
Tabela 1, $\lambda_{90,90} = 0,02101; \lambda_D = 0,022$ W/(m·K)					
$R_D$ [m <sup>2</sup> K/W]	1,90	2,35	2,85	3,80	4,75
Tabela 2, $\lambda_{90,90} = 0,02137; \lambda_D = 0,022$ W/(m·K)					
$R_D$ [m <sup>2</sup> K/W]	1,85	2,30	2,80	3,70	4,65

wanym przykładzie elementem decydującym o różnicy wyników jest liczba próbek uwzględnionych w obliczeniach. Wskazaną rozbieżność można zaobserwować w deklaracjach właściwości użytkowych analogicznych produktów oferowanych przez różnych producentów. Należy podkreślić, że takie przypadki nie powinny być traktowane przez odbiorcę jako niezgodne z normą produktu.

## Literatura

- [1] PN-EN 13165+A2:2016-08. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PU) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- [2] PN-EN 12667:2002. Właściwości cieplne materiałów i wyrobów budowlanych – Określanie oporu cieplnego metodami osłoniętej płyty grzejnej i czujnika strumienia cieplnego – Wyroby o dużym i średnim oporze cieplnym.
- [3] Dedecker K, Baes M, Singh SN. The Measurement of 'Aged Thermal Conductivity of Factory Produced Insulation Boards. Huntsman Polyurethanes.
- [4] ASTM D 3985. Standard Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor.



## ARBOCEL P – The Power of Innovation

- nieograniczone możliwości regulacji konsystencji, – łatwe i szybkie mieszanie,
- zagęszczanie i stabilizacja tynków i farb przy jednoczesnej poprawie aplikacji



**Rettenmaier Polska**

Sp. z o.o.

Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: arbocel@jrs.pl