

Zbigniew Owczarek*

NAPRĘŻENIA ŚCISKAJĄCE PRZY 10% ODKSZTAŁCENIU WZGLĘDNYM PRÓBEK NORMOWYCH POBRANYCH Z PŁYT EPS O RÓŻNEJ GRUBOŚCI

W artykule przedstawiono wyniki badań naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym próbek normowych pobranych z płyt EPS o różnej grubości. Badania przeprowadzono za pomocą aparatu, którym dysponuje Laboratorium Izolacji Termicznych ITB, według PN-EN 826:1998. Przedstawiono wpływ grubości próbek na naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym i na tej podstawie sformułowano zasady oceny płyt styropianowych EPS.

1. Wprowadzenie

W 2007 r. w Zakładzie Fizyki Ciepłej ITB w ramach realizacji jednego z punktów tematu NF-56 [1] zbadano wpływ grubości próbek płyt styropianowych EPS na naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym, określane zgodnie z PN-EN 826:1998 [2]. Realizacja tego punktu tematu wyniknęła z konieczności wyjaśnienia nieprecyzyjnych zapisów w normie badawczej [2] i normie wyrobu [3].

Norma PN-EN 13163:2004 [3] określa, iż naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym płyt styropianowych EPS należy badać według PN-EN 826:1998 na próbkach w kształcie sześcianu o wymiarach (50 × 50 × 50) mm. Norma ta nie określa sposobu przygotowania próbek do badań w przypadku płyt styropianowych o grubości większej niż 50 mm, wskutek czego nie wiadomo, z której części grubości płyty miałyby być wycinane próbki. Poprawka wprowadzona do PN-EN 13163:2004/AC:2006 także nie precyzuje wymiarów próbek do badań, lecz jedynie ustala, iż mogą być one uzgodnione między zainteresowanymi stronami.

Norma PN-EN 826:1998 [2], ujmująca metodę badawczą naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym, podaje, że:

- próbki do badań powinny mieć grubość oryginalnego wyrobu (wg normy [3] grubość powinna wynosić 50 mm),
- szerokość próbek powinna być większa lub równa ich grubości (wg [3] szerokość powinna wynosić 50 mm),

* dr inż. – adiunkt w Zakładzie Fizyki Ciepłej ITB

- wybór wymiarów próbek do badań powinien być określony w normie wyrobu [3], a w przypadku jej braku wymiary próbek mogą być uzgodnione między stronami.

W związku z powyższym istotnym okazało się sprawdzenie, czy naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym zależy od grubości płyt styropianowych EPS. Taka informacja ma duże znaczenie szczególnie podczas oceny i kontroli jakości płyt styropianowych o różnej grubości oferowanych na rynku polskim przez producentów.

Naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym σ_{10} próbek styropianowych określono z poniższego wzoru jako stosunek maksymalnej siły ściskającej, F_{10} przy 10-procentowym odkształceniu względnym ϵ_{10} do powierzchni początkowej przekroju poprzecznego próbki przed ewentualnym ugięciem lub zerwaniem:

$$\sigma_{10} = 10^3 \frac{F_{10}}{A_0} \quad (1)$$

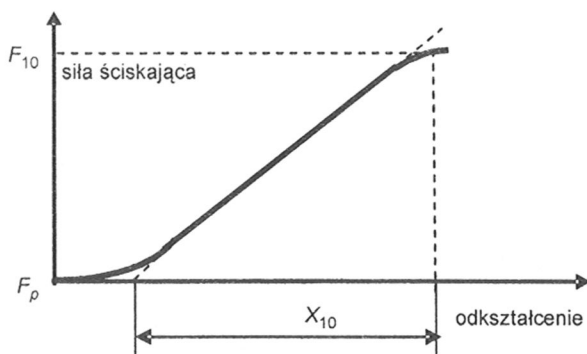
gdzie: σ_{10} – naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym, kPa,

F_{10} – siła odpowiadająca odkształceniu względnemu równemu 10%, N,

A_0 – powierzchnia początkowa przekroju poprzecznego próbki, m².

Odkształcenie względne ϵ określono jako stosunek zmiany grubości próbki do jej grubości początkowej d_0 , zmierzonym w kierunku działania obciążenia, wyrażony w procentach.

Badania naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym próbek styropianowych wykonano zgodnie z normą [2], na stanowisku z automatycznym komputerowym zbieraniem danych dotyczących wartości naprężenia ściskającego (siły) w zależności od odkształcenia próbki (rys. 1).



Rys. 1. Przykład zależności siły od odkształcenia

Fig. 1. Example relationship between force and deformation

F_p – siła odpowiadająca obciążeniu wstępnemu,

F_{10} – siła przy 10-procentowym odkształceniu względnym,

X_{10} – 10-procentowe odkształcenie względne

2. Dobór próbek do badań

Do badań wybrano płyty styropianowe różnej grubości, wynoszącej 60, 80, 100 i 120 mm. Zwracano przy tym uwagę, aby do serii badań wybrać płyty tej samej grubości i gęstości objętościowej, tj. z oryginalnych opakowań foliowych (paczek) pochodzących od jednego producenta.

Następnie ze środkowej części każdego opakowania wybrano po trzy płyty styropianowe i oznaczono je: nr I, II i III, a ze środkowej części powierzchni każdej z tych płyt (w odległości min. 100 mm od krawędzi) wycięto następujące próbki:

a) po 3 szt. (nr 1, 2 i 3) w kształcie sześcianu o długości krawędzi równej grubości nominalnej płyty,

b) po 3 szt. (nr 4, 5, i 6) o wymiarach (50 × 50 × 50) mm,

c) dodatkowo po 3 szt. (nr 7, 8 i 9) o wymiarach (50 × 50 × 50) mm z miejsc leżących nad lub pod miejscami pobrania próbek według p. b) – w przypadku płyt grubości 120 mm.

Próbki oznakowano w jednolitej konwencji, na przykład: I/60/1, gdzie:

- I – nr płyty w opakowaniu-paczce,
- 60 – grubość płyt w opakowaniu,
- 1 – nr próbki w płycie.

Naprężenie ściskające przy 10-procentowym odkształceniu względnym oznaczono:

• w przypadku płyt – na trzech próbkach sześciennych o długości krawędzi równej grubości nominalnej płyty,

• w przypadku płyt – na trzech próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm,

• w przypadku płyt grubości 120 mm – na sześciu próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm, w tym 3 z górnej i 3 z dolnej części grubości płyty.

Przed oznaczeniem naprężenia ściskającego próbki z płyt styropianowych były przechowywane w temperaturze (23±2)°C i wilgotności względnej powietrza (50±5)% przez 6 h.

3. Wyniki badań

Wyniki badań naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym zestawiono w tablicach 1–4 oraz na rysunku 2, oddzielnie dla każdej grubości płyt styropianowych EPS. W tablicach tych podano także wymiary próbek, oznaczoną ich gęstość objętościową oraz wartości niepewności pomiarów obliczone według Karty niepewności pomiaru nr LF-29/07 opracowanej w Laboratorium Izolacji Termicznych Zakładu Fizyki Ciepłej ITB.

Szczegółowe wyniki pomiarów dotyczące grubości początkowych próbek, wartości odkształceń oraz naprężeń ściskających przy 10-procentowym odkształceniu względnym zawierają Karty badania nr LF-39/07 znajdujące się w Laboratorium Izolacji Termicznych Zakładu Fizyki Ciepłej ITB.

Tablica 1. Wyniki badań próbek płyt styropianowych grubości 60 mm
 Table 1. Test results of samples of polystyrene panels of thickness 60 mm

Płyty styropianowe EPS		Próbki styropianu			Naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu względnym* kPa	
nr	grubość mm	nr	wymiary, mm	gęstość objętościowa kg/m ³	próbki	średnie – płyty
I	60	1	60 × 60 × 60	13,5	48,7	49,0
		2		13,5	49,2	
		3		13,6	49,2	
		4	50 × 50 × 50	13,4	48,9	49,7
		5		13,6	50,6	
		6		13,3	49,4	
II	60	1	60 × 60 × 60	13,4	48,2	49,3
		2		13,5	49,6	
		3		13,6	50,2	
		4	50 × 50 × 50	13,2	50,4	49,8
		5		13,4	49,2	
		6		13,4	49,8	
III	60	1	60 × 60 × 60	13,5	49,8	49,4
		2		13,5	48,9	
		3		13,5	49,5	
		4	50 × 50 × 50	13,6	50,2	50,1
		5		13,6	50,3	
		6		13,5	50,0	

* Niepewność rozszerzona pomiaru naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym, obliczona według Karty niepewności nr LF-20/03 dla poziomu ufności 95%, wynosi 1,7% dla próbek o wymiarach (50 × 50 × 50) mm i 1,5% dla próbek o wymiarach (60 × 60 × 60) mm.

Tablica 2. Wyniki badań próbek płyt styropianowych grubości 80 mm

Table 2. Test results of samples of polystyrene panels of thickness 80 mm

Płyty styropianowe EPS		Próbki styropianu			Naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu względnym* kPa	
nr	grubość mm	nr	wymiary, mm	gęstość objętościowa, kg/m ³	próbki	średnie – płyty
I	80	1	80 × 80 × 80	12,6	61,3	61,6
		2		12,6	61,9	
		3		12,7	61,6	
		4	50 × 50 × 50	12,3	59,7	59,9
		5		12,1	59,6	
		6		12,2	60,3	
II	80	1	80 × 80 × 80	12,6	63,4	63,7
		2		12,7	63,5	
		3		12,7	64,2	
		4	50 × 50 × 50	12,4	61,8	61,2
		5		12,3	61,6	
		6		12,2	60,2	
III	80	1	80 × 80 × 80	12,9	65,5	65,7
		2		12,9	65,9	
		3		12,9	65,6	
		4	50 × 50 × 50	12,5	63,0	62,5
		5		13,3	61,7	
		6		12,5	62,8	

* Niepewność rozszerzona pomiaru naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym, obliczona według Karty niepewności nr LF-20/03 dla poziomu ufności 95%, wynosi 1,7% dla próbek o wymiarach (50 × 50 × 50) mm i 1,2% dla próbek o wymiarach (80 × 80 × 80) mm

Tablica 3. Wyniki badań próbek płyt styropianowych grubości 100 mm

Table 3. Test results of samples of polystyrene panels of thickness 100 mm

Płyty styropianowe EPS		Próbki styropianu			Naprężenie ściskające przy 10% odkształceniu względnym* kPa	
nr	grubość mm	nr	wymiary, mm	gęstość objętościowa, kg/m ³	próbki	średnie – płyty
I	100	1	100 × 100 × 100	13,3	61,8	61,4
		2		13,1	61,6	
		3		13,1	60,9	
		4	50 × 50 × 50	13,0	59,8	58,5
		5		12,8	57,0	
		6		13,2	58,7	
II	100	1	100 × 100 × 100	13,4	61,4	61,1
		2		13,2	61,5	
		3		13,0	60,5	
		4	50 × 50 × 50	13,1	58,8	59,7
		5		12,9	59,9	
		6		13,1	60,3	
III	100	1	100 × 100 × 100	13,4	61,9	61,9
		2		13,5	62,1	
		3		13,7	61,7	
		4	50 × 50 × 50	13,1	59,6	60,0
		5		13,2	60,0	
		6		13,1	60,3	

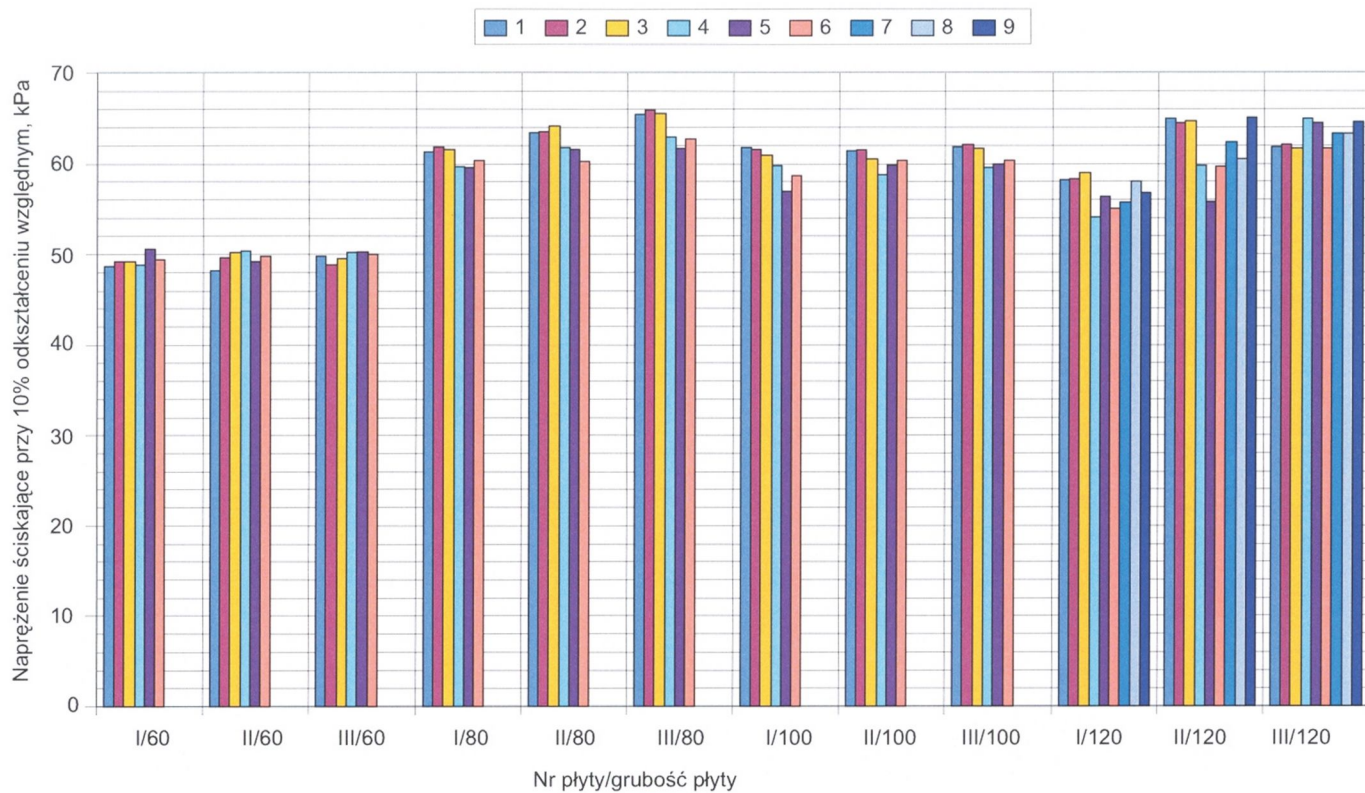
* Niepewność rozszerzona pomiaru naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym, obliczona według Karty niepewności nr LF-20/03 dla poziomu ufności 95%, wynosi 1,7% dla próbek o wymiarach (50 × 50 × 50) mm i 1,0% dla próbek o wymiarach (100 × 100 × 100) mm.

Tablica 4. Wyniki badań próbek płyt styropianowych grubości 120 mm

Table 4. Test results of samples of polystyrene panels of thickness 120 mm

Płyty styropianowe EPS		Próbki styropianu			Napięcie ściskające przy 10% odkształceniu względnym* kPa	
nr	gęstość, mm	nr	wymiary, mm	gęstość objętościowa, kg/m ³	próbki	średnie – płyty
I	120	1	120 × 120 × 120	13,0	58,2	58,5
		2		13,0	58,3	
		3		13,0	59,0	
		4	50 × 50 × 50	13,0	54,1	55,2
		5		12,6	56,4	
		6		13,1	55,0	
		7		13,0	55,7	56,8
		8		13,0	58,0	
		9		12,8	56,8	
II	120	1	120 × 120 × 120	13,5	65,0	64,7
		2		13,4	64,5	
		3		13,5	64,7	
		4	50 × 50 × 50	13,8	59,8	58,4
		5		13,3	55,8	
		6		13,5	59,7	
		7		12,9	62,4	62,7
		8		13,8	60,5	
		9		13,3	65,1	
III	120	1	120 × 120 × 120	14,1	61,9	61,9
		2		14,1	62,1	
		3		14,1	61,7	
		4	50 × 50 × 50	14,4	65,0	63,8
		5		13,9	64,5	
		6		14,2	61,7	
		7		13,9	63,3	63,7
		8		14,2	63,3	
		9		14,3	64,6	

* Niepewność rozszerzona pomiaru napięcia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym, obliczona według Karty niepewności nr LF-20/03 dla poziomu ufności 95%, wynosi 1,7% dla próbek o wymiarach (50 × 50 × 50) mm i 0,9% dla próbek o wymiarach (120 × 120 × 120) mm.



Rys. 2. Zależność naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym próbki od grubości płyty

Fig. 2. Relationship between compressive stress at 10% deformation and thickness of panel

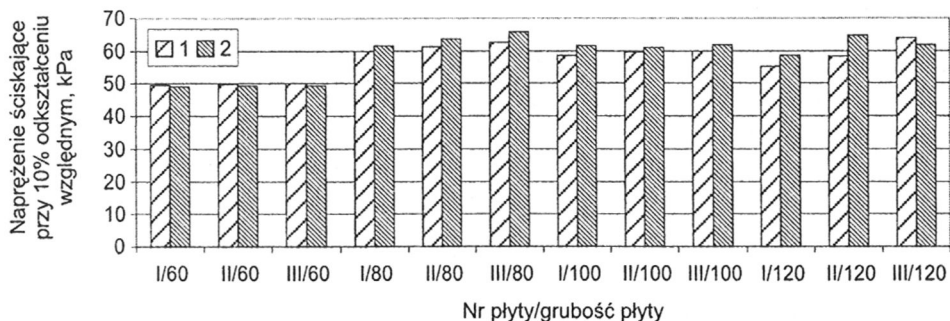
Szczegółowe wyjaśnienia dotyczące oznaczeń podano w p. 2 oraz w tablicach 1–4.

4. Analiza wyników badań

Na podstawie wyników badań próbek styropianowych przedstawionych w tablicach 1–4 i na rysunku 2 obliczono średnie wartości naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym dla płyt styropianowych EPS w zależności od ich grubości. Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 5 i na rysunku 3. Ponadto w kolumnie 2 tablicy 5 podano zakres wartości gęstości objętościowej próbek płyt styropianowych poddanych badaniu, a na rysunku 4 zależność naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym od tej gęstości objętościowej.

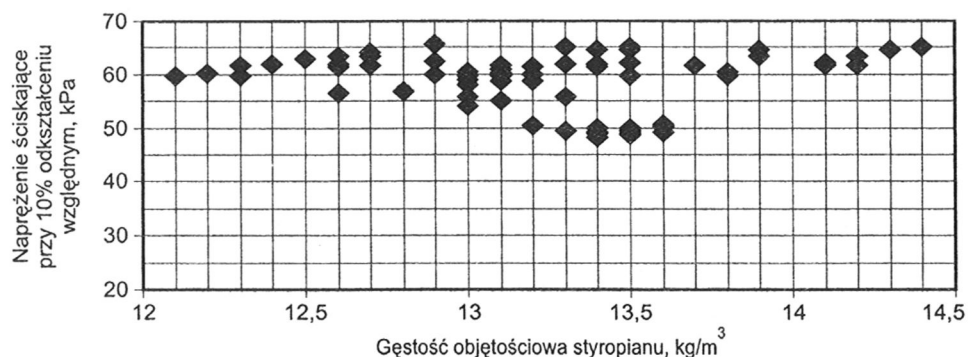
Tablica 5. Zestawienie wartości naprężenia ściskającego dla płyt EPS o różnych grubościach
Table 5. Values of compressive stress for EPS panels of different thickness

Płyty styropianowe EPS nr/grubość	Średnia gęstość objętościowa styropianu kg/m ³	Średnie naprężenie ściskające (płyty), kPa przy grubości		Różnica wartości naprężenia kPa	
		nominalnej płyty	próbki równej 50 mm	próbki i płyty (kol. 4 – kol. 3)	próbek i płyt o tej samej grubości
1	2	3	4	5	6
I/60	13,3÷13,6	49,0	49,7	0,7	0,5 ÷ 0,7
II/60	13,2÷13,6	49,3	49,8	0,5	
III/60	13,5÷13,6	49,4	50,1	0,7	
I/80	12,1÷12,7	61,6	59,9	-0,7	-3,2 ÷ -0,7
II/80	12,2÷12,7	63,7	61,2	-2,5	
III/80	12,3÷12,9	65,7	62,5	-3,2	
I/100	12,8÷13,3	61,4	58,5	-2,9	-2,9 ÷ -1,4
II/100	12,9÷13,4	61,1	59,7	-1,4	
III/100	13,1÷13,7	61,9	60,0	-1,9	
I/120	12,6÷13,1	58,5	55,2	-3,2	-6,3 ÷ 1,8
			56,8	-1,7	
II/120	12,9÷13,8	64,7	58,4	-6,3	
			62,7	-2,0	
III/120	13,9÷14,4	61,9	63,8	1,8	
			63,7	1,8	



Rys. 3. Zależność napężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym od grubości płyty

Fig 3. Dependence of compressive stress at 10% deformation from thicknesses of plate



Rys. 4. Zależność napężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym od gęstości próbek

Fig 4. Relationship between compressive stress at 10% deformation and density of samples

Przeprowadzone badania wykazały następujące różnice wartości napężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym płyt styropianowych EPS przy zwiększającej się ich grubości w stosunku do określonej w normie [3], wynoszącej 50 mm – tablica 5 i rysunek 3:

- W odniesieniu do płyt styropianowych grubości 60 mm o gęstości objętościowej (13,2÷13,6) kg/m³ różnica względna jest bardzo mała, gdyż wynosi (1,0÷1,4)% (0,5÷0,7 kPa) i nie przekracza wartości niepewności złożonej pomiaru wynoszącej 1,7%, przy czym nieco wyższe wartości napężenia uzyskiwano na próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm.

- W odniesieniu do płyt styropianowych grubości 80 mm o gęstości objętościowej (12,1÷12,9) kg/m³ różnica względna wynosi (-5,1÷1,2)% (-3,2 ÷ -0,7 kPa) i przekracza wartości niepewności złożonej pomiaru wynoszącej 1,7%, przy czym niższe wartości napężenia uzyskiwano na próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm.

- W odniesieniu do płyt styropianowych grubości 100 mm o gęstości objętościowej (12,8÷13,7) kg/m³ różnica względna wynosi (-2,3 ÷ -5,0)% (-2,9 ÷ -1,4 kPa) i przekra-

cza wartość niepewności złożonej pomiaru wynoszącej 1,7%, przy czym niższe wartości naprężenia uzyskiwano na próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm.

- W odniesieniu do płyt styropianowych grubości 120 mm o gęstości objętościowej (12,6÷14,4) kg/m³ różnica względna wynosi (-5,8÷2,8)% (-6,3÷1,8 kPa) i przekracza wartość niepewności złożonej pomiaru wynoszącej 1,7%, przy czym niższe wartości naprężenia uzyskiwano na próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm wyciętych z dwóch płyt i wyższe o 1,8 kPa w odniesieniu do trzeciej płyty.

5. Wnioski

- Jeśli grubość płyt styropianowych wynosi 50 mm, to ich oceny w zakresie naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym należy dokonywać na podstawie badania próbek sześciennych o boku równym 50 mm, tj. o wymiarach zgodnych z PN-EN 13163:2004/AC:2006 i PN-EN 826:1998.

- Jeśli grubość płyt styropianowych zawiera się w granicach (50÷120) mm, to ich oceny w zakresie naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym należy dokonywać na podstawie badania próbek o wymiarach zgodnych z PN-EN 826:1998, tj. na próbkach sześciennych o długości krawędzi równej grubości płyty. Oceny można również dokonywać na podstawie badania próbek o wymiarach zgodnych z PN-EN 13163:2004/AC:2006, tj. na próbkach sześciennych o długości krawędzi równej 50 mm, przy czym uzyskuje się wtedy równe lub nieco niższe wartości naprężenia ściskającego niż na próbkach o wymiarach równych grubości nominalnej płyt styropianowych (patrz p. 4).

- Ze względu na różną grubość produkowanych płyt styropianowych (duży zakres, koszt badań) celowe jest określanie wartości deklarowanej naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym na próbkach o wymiarach (50 × 50 × 50) mm, tj. o wymiarach zgodnych z PN-EN 13163:2004/AC:2006, na których uzyskuje się równe lub gorsze wartości naprężenia niż na próbkach o większej grubości.

- Nie powinno się oceniać płyt styropianowych EPS w zakresie naprężenia ściskającego przy 10-procentowym odkształceniu względnym na podstawie zmierzonej gęstości objętościowej tych płyt (próbek), gdyż jak wykazały przeprowadzone badania, trudno jest ustalić tę zależność z wystarczającą dokładnością.

Bibliografia

- [1] Praca badawcza NF-56/07 Dostosowanie laboratorium badawczego do wymagań norm europejskich w zakresie izolacji termicznych. ITB, Warszawa 2007, maszynopis, biblioteka ITB
- [2] PN-EN 826:1998 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Określanie zachowania przy ściskaniu
- [3] PN-EN 13163:2004/AC:2006 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja

COMPRESSIVE STRESS AT 10% DEFORMATION OF TYPE SAMPLES TAKEN FROM EPS PANELS OF DIFFERENT THICKNESS

Summary

The paper shows the test results of compressive stress at 10% deformation of type samples taken from EPS panels of different thickness. Tests were carried out according to PN-EN 826:1998, using apparatus being in equipment of ITB Thermal Insulation Laboratory. The influence of sample thickness on compressive stress at 10% deformation was presented and the rules for estimation of EPS polystyrene panels have been formulated.

Praca wpłynęła do Redakcji 7 I 2008 r.