

LEKKIE POKRYCIA Z PŁYT WARSTWOWYCH

Kowalski Dariusz, Urbańska Galewska Elżbieta

Politechnika Gdańska, Gdańsk, Polska

Inżynier Budownictwa, vol. 148, nr 3, 2017, p. 70-75

Abstrakt: Zastosowanie płyt warstwowych umożliwia szybka realizację inwestycji przez maksymalne skrócenie okresu wykonania robót budowlano-montażowych i wykończeniowych.

Słowa kluczowe: lekka obudowa, płyty warstwowe, okładziny, izolacyjność przegród, przegrody ścienne, pokrycia dachowe

Przegrody ścienne oraz dachowe stanowią istotny element wnoszonych obiektów budowlanych niezależnie od rodzaju konstrukcji nośnej z której są one wykonane. To one wydzielają przestrzeń wnoszonych obiektów budowlanych z otaczającego nas środowiska i to one, jako pierwsze, chronią wydzieloną w ten sposób przestrzeń przed oddziaływaniami zewnętrznego środowiska. Przegrody te spełniają wiele różnych funkcji zarówno technicznych jak i funkcjonalnych [1]–[3], które w istotny sposób wpływają na warunki użytkowania obiektów. Rodzaj zastosowanych materiałów budowlanych użytych do wykonania przegród decyduje w wielu przypadkach o wielkości powierzchni użytkowej obiektu oraz kubaturze użytkowej. Ciężar realizowanego obiektu, a w tym jego konstrukcji nośnej, również w dużej mierze zależy od rodzaju zastosowanych przegród jak i materiałów służących do ich wykonania. Wszystko to z kolei przekłada się na obciążenie przekazywane na fundamenty a następnie na podłoże gruntowe.

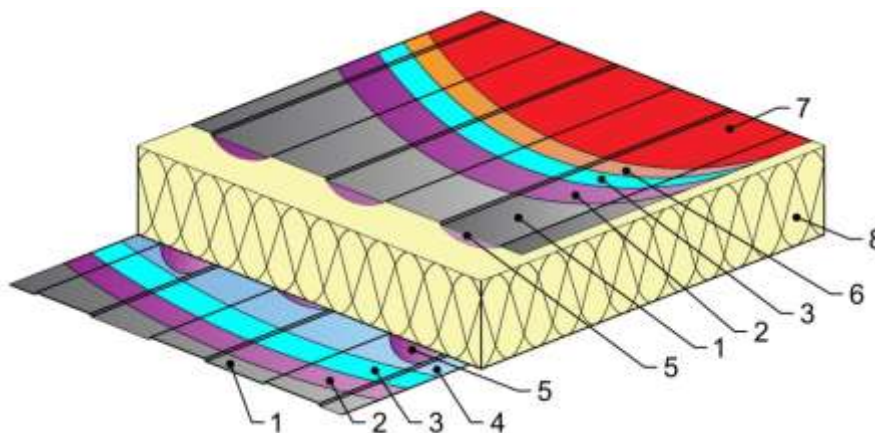
Inwestorzy współczesnych obiektów produkcyjnych, magazynowych, handlowych i innych, zarówno stałych jak i tymczasowych, chcą w jak najkrótszym czasie budować i przekazywać do eksploatacji nowe obiekty, co przynosi im wymierne korzyści finansowe. Jednym z parametrów, który umożliwia szybką realizację inwestycji poprzez maksymalne skrócenie okresu wykonywania robót budowlano-montażowych i wykończeniowych, jest możliwość zastosowania materiałów i wyrobów budowlanych wyprodukowanych w warunkach przemysłowych. Dzięki zaawansowanym technologiom stosowanym w produkcji przemysłowej na rynku dostępne są wyroby budowlane spełniające zarówno wymagania współczesnych przepisów jak i oczekiwania użytkowników. Wyrobem takim są lekkie płyty warstwowe, które mogą być z powodzeniem stosowane zarówno na ściany zewnętrzne jak i pokrycia dachowe. Ten typ wyrobu znalazł również zastosowanie przy wykonywaniu przegród wewnętrznych. Płyty warstwowe są także stosowane w takich obiektach jak np. chłodnie i mroźnie lub obiekty przemysłu spożywczego. Mogą być wykorzystywane do wydzielania pomieszczeń wymagających stosownej ochrony akustycznej. Przegrody wykonane z płyt warstwowych kwalifikowane są jako przegrody niewentylowane, o bardzo dużej szczelności przy odpowiednim wykonaniu i prawie całkowitym braku możliwości dyfuzji pary wodnej z pomieszczeń na zewnątrz, co spowodowane jest szczelnym materiałem okładzinowym. Ten ostatni parametr wpływa istotnie na warunki użytkowe takich pomieszczeń i zachowanie się ich w okresach dużej wilgotności – możliwość kondensacji pary wodnej na wewnętrznej stronie obudowy.

Płyty warstwowe stosowane są w szkieletowym budownictwie konstrukcji stalowych od bardzo dawna. Pierwsze systemy oparte były na produkcji dawnego zakładu Metalplast–Oborniki, w postaci płyt PW8 – płyt z rdzeniem z pianki poliuretanowej, i wdrażane przez COBPBP BISTYP w katalogowych projektach typowych obudów hal stalowych [4].

BUDOWA PŁYTY WARSTWOWYCH

Idea budowy płyty warstwowej w swym podstawowym układzie konstrukcyjnym nie uległa zmianie na przestrzeni lat jej stosowania. Każda płyta warstwowa, niezależnie od jej producenta, właściwości i przeznaczenia, składa się z następujących elementów (rys. 1):

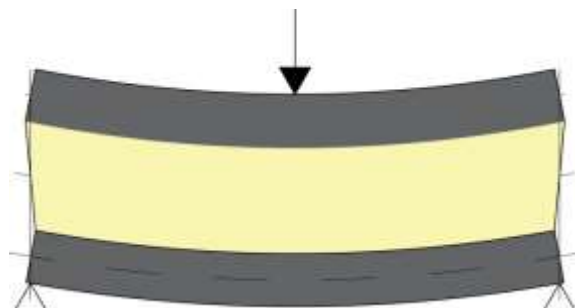
- dwóch stalowych blach dowolnie profilowanych stanowiących zewnętrzne okładziny elementu warstwowego, decydujących o zasadniczym wyglądzie obiektu zarówno z zewnątrz jak i od wewnątrz; blachy te spełniają różne funkcje, w tym podstawowe zadanie konstrukcyjne związane z uzyskiwaną nośnością płyt na zginanie,
- wewnętrznej warstwy termoizolacyjnej zapewniającej stosowne parametry izolacji termicznej i akustycznej całej przegrody oraz zapewniający odpowiednią odległość pomiędzy stalowymi okładzinami nośnymi przenoszącymi siły normalne od zginania a także odpowiadającej za przeniesienie sił ścinających, występujących w strefach oparcia płyt na konstrukcji obiektu.



Rys. 1. Budowa płyty warstwowej

1-stalowy rdzeń blachy, 2-powłoka cynkowa, 3-warstwa pasywacyjna, 4-lakier ochronny, 5-klej, 6-warstwa gruntująca, 7-warstwa nawierzchniowa dekoracyjna, 8-rdzeń z materiału termoizolacyjnego

Tak zbudowany trójwarstwowy wyrób może być samonośnym elementem konstrukcyjnym zgodnie z normą PN-EN 14509 [5] przenoszącym zarówno ciężar własny jak i oddziaływania środowiska naturalnego w postaci parcia i ssania wiatru czy też obciążenia śniegiem pod warunkiem, że powierzchnie styku materiałów izolacyjnych z okładzinami połączone są ze sobą w sposób trwały (rys. 2).



Rys. 2. Deformacja zginanej płyty warstwowej pracującej jako element zespolony

MATERIAŁY SKŁADOWE PŁYT WARSTWOWYCH

Okładziny

Na okładziny płyt warstwowych stosowane są najczęściej blachy stalowe wykonane z gorącowalcowanych stali konstrukcyjnych S220GD, S250GD, S280GD i S320GD, które zabezpieczane są przed korozją na poziomie obróbki metalurgicznej ciągłą powłoką cynkową wykonaną w procesie ciągłego powlekania ogniowego, zgodnie z normą PN-EN 10326 [6], o masie cynku 100, 190, 225 i 275 gram cynku na metr kwadratowy okładziny, co daje odpowiednio: 7, 13, 15 i 20 μm powłoki cynkowej na każdej stronie blachy [7]. Mogą być również używane blachy zimnowalcowane gatunkach DX wykonane zgodnie z normą PN-EN 10346 [8]. Do zastosowań w przemyśle spożywczym stosowane są płyty warstwowe, w których jedna z okładzin może być wykonana z blachy ze stali odpornej na korozję, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 10088-1:2014-12 [9]. W takim przypadku materiał blachy musi spełnić wymóg minimalnej umownej granicy plastyczności określonej na poziomie 220 MPa.

Na okładziny płyt warstwowych stosowane są zarówno blachy płaskie jak i blachy z drobnym profilowaniem czy też przetłoczeniami (liniowe, mikroprofilowane, faliste, rowkowe) oraz blachy o profilu sinusoidalnym. Stosowane są również blachy trapezowe, które używane są wyłącznie w płytach przeznaczonych do okładania dachów i tylko na ich zewnętrzną okładzinę. Grubości blach używanych w płytach warstwowych jest stosunkowo mała w porównaniu do innych rozwiązań elewacyjnych. Większość producentów używana w swych wyrobach blachy o grubościach 0,4; 0,5; 0,55; 0,6 czy 0,7 mm. W przypadku stosowania blach nierdzewnych grubość blachy wynosi 0,5 lub 0,6 mm, a stosowanym gatunkiem stali jest stal o oznaczeniu numerycznym 1.4301 (304 wg AISI/ASTM). W przypadku silnie korozyjnych środowisk mogą być stosowane blachy ze stali 1.4401 (316 wg AISI/ASTM).

Rdzeń termoizolacyjny

Materiałem izolacyjnym płyt są powszechnie stosowane i łatwo dostępne w budownictwie materiały termoizolacyjne w postaci płyt (tab. 1): styropianowych, wełny mineralnej oraz pianki poliuretanowej (PUR), czy też nowszej, coraz bardziej popularnej, pianki poliizocyanurowej (PIR).

Tabela 1. Parametry materiałów termoizolacyjnych

Rodzaj materiału termoizolacyjnego	Gęstość materiału rdzenia [kg/m ³]	Współczynnik przewodności cieplnej λ [W/m·K]
Styropian EPS	16÷20	0,040
Poliuretany PUR / PIR	36÷39	0,022
Wełna mineralna	70 / 90 / 115 / 120	0,038 / 0,040 / 0,043 / 0,045

Rdzeń styropianowy

Najtańszym materiałem stosowanym na rdzeń termiczny płyt warstwowych są płyty styropianowe wykonane ze spienionego polistyrenu ekspandowanego (EPS) zgodnie z normą PN-EN 13163 [10], o masie objętościowej materiału około 16 kg/m³ oraz klasie reakcji na ogień E określonej zgodnie z normą PN-EN 13501-1 [11]. Płyty izolacyjne łączone są z okładziną metalową za pomocą dwuskładnikowych klejów poliuretanowych. W latach minionych płyty styropianowe łączone były między sobą, w obszarze rdzenia, na płaskie połączenia wymagające klejenia. W obecnie wykonywanych płytach warstwowych połączenia poszczególnych arkuszy izolacyjnych wykonywane są, coraz częściej, jako frezowane, dzięki czemu następuje ich zazębienie się już w trakcie produkcji, co wydatnie zwiększa sztywność płyty oraz eliminuje ewentualne mostki termiczne poprawiając izolacyjność płyt. Słabym punktem stosowania płyt z rdzeniem styropianowym jest ich niska odporność na ogień.

Rdzeń z wełny mineralnej

Producenci, w zależności od stosowanych przez nich typoszeregów produkcyjnych, używają wełny mineralnej (skalnej) powstałej z roztopienia wulkanicznej skały bazaltowej o różnej gęstości, przez co uzyskują wyroby finalne charakteryzujące się zmienną masą jednostkową jak również zmienną izolacyjnością płyty, co przedstawiono na przykładowych zestawieniach podanych w tabelach 2÷5. Wełna mineralna stosowana jako rdzeń termoizolacyjny nadaje wyrobom finalnym jeszcze jedną ważną cechę, jaką jest znaczna odporność na ogień. Wadą tego materiału jest zdecydowanie większa masa płyt oraz niższe parametry izolacyjne. Cechą charakterystyczną płyt warstwowych z wełny mineralnej jest budowa warstwy rdzenia z małych płyt lub bloczków prostokątnych w celu zachowania jednakowej sztywności całej płyty. Elementy rdzenia termoizolacyjnego montowane są w układzie lamelowym, tj. włóknami zorientowanymi prostopadle do okładzin, co zapewnia stałość cech fizycznych i termicznych w całym wyrobie. Cała warstwa rdzenia termoizolacyjnego musi być połączona z okładzinami metalowymi przy zastosowaniu jedno lub dwuskładnikowych klejów poliuretanowych. Klejeniu powinny podlegać również styki poprzeczne i podłużne pomiędzy bloczkami wełny mineralnej, występujące w obszarze rdzenia izolacyjnego. Brak takiego połączenia powoduje często deformacje blach okładzinowych widoczne na elewacji gotowego obiektu [12].

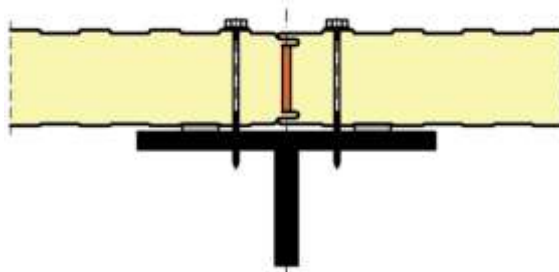
Rdzeń piankowy

Oba materiały piankowe (PUR i PIR) mają podobną budowę, sposób powstawania oraz łączenia się z powierzchnią metalowych okładzin. Skład chemiczny obu materiałów jest podobny, a nazwa i ostateczne właściwości zależą od użytych na etapie produkcji proporcji składników głównych. Poliuretany to polimery powstające w wyniku addycyjnej polimeryzacji wielofunkcyjnych izocyanianów z polioliolami, która ma miejsce w obecności katalizatorów i stabilizatorów. Reakcja prowadząca do powstania ostatecznej formy materiału zachodzi w temperaturze pokojowej, co sprzyja ograniczeniom energetycznym na etapie produkcji i związane jest z wydzieleniem ciepła oraz gazów (CO₂, pentanu), które zostają uwięzione w zamkniętej strukturze piankowej. Przy produkcji nowszej pianki typu PIR stosowana jest zdecydowanie większa ilość izocyanianu. Wyrób ten jest przez to droższy, ale uzyskuje dodatkowe właściwości w przypadku izolacji obiektów, w których istotnym czynnikiem jest odporność na temperaturę oraz jego reakcja na ogień. W przypadku pianki PUR pod wpływem temperatury powyżej 200°C następuje rozpad wiązań polimerowych tego materiału, a w wyniku działania ognia i palenia się ulega zwęgleniu w zakresie 20%. Nowszy materiał PIR charakteryzuje się większą odpornością wiązań polimerowych na temperaturę, która w tym przypadku wynosi od 300 do 325°C, a zwęglenie materiału dochodzi do 50%. Ta różnica w zachowaniu się poszczególnych materiałów ma wpływ na odporność ogniową samego materiału izolacyjnego jak i wytworzonych z ich wykorzystaniem płyt warstwowych. Powstająca warstwa zwęglonego materiału chroni głębiej położone warstwy pianki przed działaniem temperatury, przez co następuje opóźnienie w jej degradacji, i następującym potem zwęgleniu. Przyczynia się to do wydłużenia czasu odporności wyrobu na działanie ognia. W danych katalogowych dla tego materiału można

znaleźć informację, że jest on odporny na krótkotrwałe działanie temperatury do $+200^{\circ}\text{C}$, zaś długotrwałe może być eksploatowany w przedziale temperatur: -50 do $+110^{\circ}\text{C}$. Pod względem termoizolacyjności oba materiały posiadają te same parametry. Niektórzy producenci materiałów warstwowych oferują jeszcze nowsze generacje tego polimeru, charakteryzujące się coraz lepszymi właściwościami, szczególnie termicznymi, dla których współczynnik przewodzenia ciepła jest określany na poziomie $\lambda=0,018 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ [13]. Ponadto materiały piankowe stosowane w płytach warstwowych charakteryzują się całkowitą ciągłością materiału (brak prostopadłych do powierzchni płyty styków materiału izolacyjnego), zamkniętą strukturą komórkową oraz bardzo dobrą, samoistną przyczepnością do powierzchni metalowej okładziny. Cechą, na którą należy zwrócić uwagę, jest występująca w tego typu materiałach możliwość ich degradacji w czasie eksploatacji, co przekłada się na stopniowy niewielki spadek właściwości termicznych przegród [14].

IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA PŁYT

Cechą charakterystyczną płyt warstwowych jest brak mostków termicznych, które łączyłyby ze sobą zewnętrzne okładziny metalowe. Obniżenie efektywności termicznej występują jedynie w złączach, które występują na stykach poszczególnych płyt oraz lokalnie w miejscach, gdzie montowane są łączniki przebijające wskrośnie płyty warstwowe i mocując je do nośnego podłoża obiektu – rygli, płatwi (rys. 3). Wybrane parametry izolacyjne płyt przedstawiono w tabelach 1, 4, 5.



Rys. 3. Przebieg systemu ciągłej izolacji termicznej w strefie montażu do konstrukcji

Tabela 2. Przykładowe masy ściennych płyt warstwowych

Materiał izolacyjny		Masa płyt $[\text{kg}/\text{m}^2]$ o grubości $[\text{mm}]$													
		40	50	60	75	80	100	120	125	140	150	160	180	200	250
wełna mineralna	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	70										20,7	22,1	23,5	
		90				16,3	18,1	19,9		21,7		23,6	25,4	27,2	
		115				18,2	20,6	22,9		25,2		27,5	29,8	32,2	
		120					21,0	23,5		25,9		28,3	30,7	33,2	
PUR/PIR	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	36	9,3		10,1		11,0	11,8	12,4			15,2	16,0	16,8	
		39	9,5		10,3		11,2	12,1	12,8			16,4	16,4	17,3	
EPS		16		8,7		9,1		9,5		9,9		10,3		11,1	11,9

Tabela 3. Przykładowe masy dachowych płyt warstwowych

Materiał izolacyjny		Masa płyt $[\text{kg}/\text{m}^2]$ o grubości $[\text{mm}]$												
		40	50	60	75	80	100	120	125	150	170	200	250	
wełna mineralna	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	70												
		90												
		115						22,0	24,2		27,8			
		120												
PUR/PIR	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	36	9,5		10,3		11,0	11,7	12,5			14,5		
		39	9,7		10,5		11,3	12,1	12,9			14,9		
EPS		16		8,7		9,1		9,5		9,9	10,3		11,1	11,90

Tabela 4. Przykładowe parametry izolacyjności termicznej płyty warstwowych ściennych

Materiał izolacyjny		Współczynnik przenikania ciepła U_c $[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$ dla płyt o grubości $[\text{mm}]$													
		40	50	60	75	80	100	120	125	140	150	160	180	200	250
wełna mineralna	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	70										0,23	0,21	0,19	
		90				0,48	0,39	0,33		0,27		0,24	0,22	0,20	
		115				0,52	0,42	0,36		0,30		0,26	0,23	0,21	
		120					0,43	0,36		0,31		0,27	0,24	0,22	
PUR/PIR	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	36/39	0,57		0,37		0,28	0,22	0,18			0,14	0,12	0,11	
		16		0,74		0,51		0,39		0,31		0,26		0,20	0,16

Tabela 5. Przykładowe parametry izolacyjności termicznej dachowych płyty warstwowych

Materiał izolacyjny		Współczynnik przenikania ciepła U_c [$W/m^2 \cdot K$] dla płyt o grubości [mm]												
		40	50	60	75	80	100	120	125	150	170	200	250	
wełna mineralna	[kg/m^3]	70												
		90												
		115						0,42	0,36		0,28			
		120												
PUR/PIR		36/39	0,51		0,35		0,27	0,21	0,18			0,13		
EPS		16		0,73		0,51		0,39		0,32	0,27		0,20	0,16

ODPORNOŚĆ KOROZYJNA OKŁADZIN METALOWYCH

Przy doborze materiałów obudowy należy zwrócić uwagę na warunki agresywności korozyjnej środowiska zewnętrznego oraz wewnętrznego w jakich będą eksploatowane ściennie wyroby warstwowe. Z uwagi na oddziaływanie środowiska zewnętrznego należy brać pod uwagę klasyfikację korozyjności środowiska zgodnie z normą PN-EN ISO 12944-2 [15], którą można również stosować do opisu środowisk wewnętrznych. Pomocna może być również norma PN-EN 10169-3 [16] związana z wyrobem materiałów stalowych powlekanych fabrycznie. Najczęściej wykorzystywanymi organicznymi powłokami antykorozyjnymi stosowanymi na blachach, poza obowiązkowym cynkowaniem zanurzeniowym, są powłoki:

- poliestrowe o grubości 25 μm , które mogą być stosowane w środowiskach C1÷C3,
- polifluorku winylu i akrylu (PVDF) o grubość ok. 35 μm , poliuretanu o grubości 50 μm , polichlorku winylu (PCV) o grubości od 120 μm - do stosowania w środowiskach C1÷C4.

We wszystkich rodzajach środowisk mogą być stosowane płyty warstwowe z okładziną wykonaną z blach ze stali odpornej na korozję, łącznie z klasą C5-M, czyli nawet w morskich warunkach korozyjnych środowiska. Dla przemysłu spożywczego produkowane są blachy z powłoką typu Foodsafe FS-1 i FS-2, spełniające odpowiednie warunki sanitarne w kontakcie z żywnością. Przy doborze materiałów powłokowych oprócz odporności korozyjnej należy brać pod uwagę również takie wymagania jak odporność materiałów na ścieranie, zadrapanie jak i odporność na brud. Warunki przyszłej eksploatacji, takie jak możliwości czyszczenia, wilgotność powietrza oraz temperatura wewnętrzna pomieszczeń są również istotne przy wyborze powłoki.

KOLORY ZEWNĘTRZNYCH OKŁADZIN

Norma [5] opisując wymagania dla płyt warstwowych wprowadza podział kolorów stosowanych na okładzinach zewnętrznych, na trzy grupy: bardzo jasne, jasne i ciemne. Podział taki uwarunkowany jest zagadnieniem nagrzewania się cienkiej okładziny metalowej ułożonej na warstwie termoizolacyjnej pod wpływem temperatury powietrza zewnętrznego oraz energii promieniowania słonecznego. Różnica w odkształceniach termicznych materiałów okładzinowych i izolacyjnych może prowadzić do znacznych odkształceń cienkiej okładziny, które mogą być nieakceptowalne przez użytkowników, a w skrajnych przypadkach mogą nawet prowadzić do rozwarstwienia materiałów jak i zniszczenia wyrobu na podporze pośredniej. Szczególnie niebezpieczne są okładziny w kolorach ciemnych, które mogą nagrzewać się nawet do temperatury 80°C. W celu uniknięcia tego typu problemów należy ograniczać długości płyty oraz unikać układów wieloprzęsłowych. W przypadku płyt ciemnych zalecanym schematem statycznym jest układ jedoprzęsłowy. Ponadto należy stosować odpowiednie mocowania oraz uwzględnić wpływ temperatury montażu na deformacje okładziny (montaż w temp. > 10°C). Aktualnie dostępne tablice nośności wyrobów warstwowych, przygotowywane przez producentów, uwzględniają te wymagania przez określenie parametrów nośności i użytkowych dla ustalonych wartości różnic temperatury pomiędzy okładzinami lub poprzez rozróżnienie wymienionych grup kolorystycznych. Takie parametry nie były w ogóle uwzględniane w poprzednich latach.

REAKCJA NA OGIEŃ I ODPORNOŚĆ OGNIOWA PRZEGRÓD

Podstawowym parametrem wyrobów warstwowych w odniesieniu do przegród budowlanych jest ich zachowanie się w kontakcie z ogniem. Reakcję na ogień płyt warstwowych określa się zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13501-1 [11], zaś odporność ogniową przegród powstałych z ich zastosowaniem, zgodnie z normą PN-EN 13501-2 [17]. Ilustracją tego zagadnienia jest tabela 6, w której na podstawie deklaracji właściwości użytkowych materiałów wydawanych przez producentów [18] zestawiono informacje o ogólnych właściwościach opisywanych wyrobów.

Tabela 6. Zestawienie porównawcze odporności ogniowej wyrobów warstwowych

Oceniany parametr	Wełna mineralna	Pianki PIR	Styropian
Reakcja na ogień	A2-s1, d0	B-s2, d0	E
Odporność przegrody ściennej	EI 30 ÷ EI 240	EI 15 ÷ EI 60	E30
Odporność przegrody dachowej	REI 60 / B _{roof}	REI 15 ÷ REI 30 / B _{roof}	RE30 / B _{roof}

INNE PARAMETRY

Dodatkowymi parametrami, na które trzeba zwrócić uwagę są takie cechy jak:

- przepuszczalność wody przez przegrody wg PN-EN12865 [19]
- przepuszczalność powietrza przez przegrodę wg PN-EN 12114 [20]
- przepuszczalność pary wodnej

oraz izolacyjność akustyczna określana parametrem R_w ($C;C_{tr}$) wg PN-EN ISO 717-1 [21] a także pochłanianie dźwięku α_w zgodnie z PN-EN ISO 11654 [22].

BIBLIOGRAPHY

- [1] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Systemy i rozwiązania elementów lekkiej obudowy," in *XXXI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje Metalowe, posadzki przemysłowe, lekka obudowa, rusztowania. Szczyrk 24-27 lutego 2016*, Katowice-Szczyrk: PZITB o/Katowice, 2016, pp. 213–306.
- [2] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Wymagania stawiane lekkiej obudowie," *Izolacje*, vol. 206, no. 5, 2016, pp. 76–86.
- [3] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Lekka obudowa. Cz. 1. Klasyfikacje i wymagania," *Builder*, vol. 227, no. 6, 2016, pp. 86–89.
- [4] *Katalog lekkiej obudowy w układzie segmentowym Część I: Informacja ogólna*. Warszawa: Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Przemysłowego "Bistyp," 1978.
- [5] *PN-EN 14509:2013-12 Samonośne izolacyjno – konstrukcyjne płyty warstwowe z dwustronna okładziną metalową. Wyroby fabryczne. Specyfikacje*. .
- [6] *PN-EN 10326:2006 Norma Wycofana i Zastąpiona Przez PN-EN 10346 Taśmy i Blachy ze stali konstrukcyjnych powlekane ogniowo w sposób ciągły -- Warunki techniczne dostawy*. .
- [7] D. Kowalski, "Materiały i elementy stosowane do wykonanie lekkiej obudowy (cz. 1). Materiały metalowe," *Izolacje*, vol. 209, no. 9, 2016, pp. 61–68.
- [8] *PN-EN 10346:2015-09 Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno -- Warunki techniczne dostawy*. .
- [9] *PN-EN 10088-1:2014-12 Stale odporne na korozję -- Część 1: Wykaz stali odpornych na korozję*. .
- [10] *PN-EN 13163+A2:2016-12 - Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie -- Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie -- Specyfikacja*. .
- [11] *PN-EN 13501-1+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień*. .
- [12] B. Gosowski, "Typowe błędy projektowania i wykonywania lekkiej obudowy z płyt warstwowych," *Inżynieria i Bud*, vol. 7, pp. 379–385, 2009.
- [13] "www.kingspan.pl." .
- [14] M. Dreger, "Izolacje z pianki poliuretanowej a wyroby z wełny mineralnej," *Izolacje*, vol. 4, 2011.
- [15] *PN-EN ISO 12944-2:2001 Farby i lakiery -- Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich -- Część 2: Klasyfikacja środowisk*. .
- [16] *PN-EN 10169-3:2005 Wyroby płaskie stalowe z powłoką organiczną naniesioną w sposób ciągły -- Część 3: Wyroby stosowane wewnątrz budowli. Norma wycofana i zastąpiona przez PN-EN 10169:2011*. .
- [17] *PN-EN 13501-2+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej*. .
- [18] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, *Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych w budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015.
- [19] *PN-EN 12865:2004 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynku -- Określanie oporu systemów ścian zewnętrznych na zacinający deszcz przy pulsującym ciśnieniu powietrza*. .
- [20] *PN-EN 12114:2003 Właściwości cieplne budynków -- Przepuszczalność powietrza komponentów budowlanych i elementów budynków -- Laboratoryjna metoda badania*. .
- [21] *PN-EN ISO 717-1:2013-08 Akustyka -- Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych -- Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych*. .
- [22] *PN-EN ISO 11654:1999 Akustyka -- Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie -- Wskaźnik pochłaniania dźwięku*. .