

Materialy i elementy stosowane do wykonania lekkiej obudowy - materiały metalowe

Materials and components used to produce light claddings. Part 1: Metal materials

[dr inż. Dariusz Kowalski](#) | [IZOLACJE 9/2016](#) | 2016-10-10

Na rynku dostępny jest duży wybór materiałów do wykonywania lekkiej obudowy o różnorodnych cechach technicznych czy estetycznych. W wielu wypadkach istnieje również możliwość łączenia na jednej elewacji materiałów lub elementów o zróżnicowanym stopniu wykończenia.

Abstrakt

W artykule przedstawiono stosowane w lekkich obudowach materiały metalowe i kształtowane z nich wyroby. Omówiono charakterystyczne parametry i różnice technologiczne występujące w produkcji wyrobów. Przedstawiono ocenę odporności korozyjnej materiałów.

Materials and components used to produce light claddings. Part 1: Metal materials

Metal materials and products used in lightweight claddings are presented in the paper. The author discusses the characteristic parameters and technological differences in manufacturing. The article presents an assessment of corrosion resistance properties of materials.

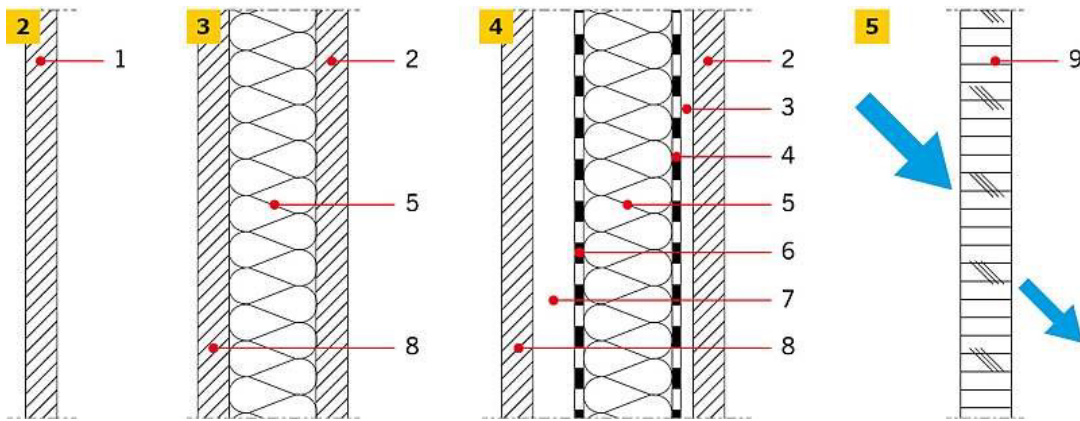
Technologia lekkiej obudowy pozwala wykonać przegrody jednowarstwowe z pojedynczych elementów, a także wielowarstwowe przegrody ścienne i dachowe spełniające wiele bardzo surowych warunków i wymagań użytkowych oraz funkcjonalnych [1], [2].

Idea lekkiej obudowy wynika z zasady łączenia ze sobą, stosownie do zdefiniowanych potrzeb eksploatacyjnych poszczególnych obiektów, elementów z różnych pod względem technicznym materiałów w przegrody spełniające wymagania w zakresie [1] ([RYS. 1](#)):

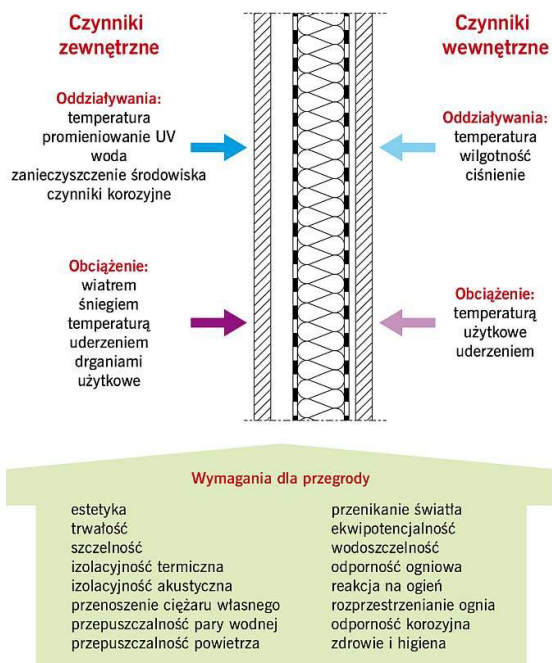
- bezpieczeństwa, pod względem takich warunków, jak nośność, sztywność, odporność i ochrona przeciwpożarowa, odporność korozyjna, trwałość,
- funkcjonalno-użytkowym, pod względem takich aspektów, jak szczelność, izolacyjność termiczna, izolacyjność akustyczna, estetyka, warunki higieniczne i zdrowotne.

Jednym z podstawowych wymagań funkcjonalno-użytkowych jest warunek odpowiedniego doboru materiałów lub elementów z uwagi na zewnętrzne i wewnętrzne oddziaływania środowiskowe, wymagania eksploatacyjne oraz prawne ([RYS. 1](#)).

Obudowy obiektów mogą być jednowarstwowe lub wielowarstwowe, przezierne czy też nie, stosownie do wymagań, jakie muszą spełnić w określonych warunkach użytkowania i eksploatacji ([RYS. 2-5](#)).

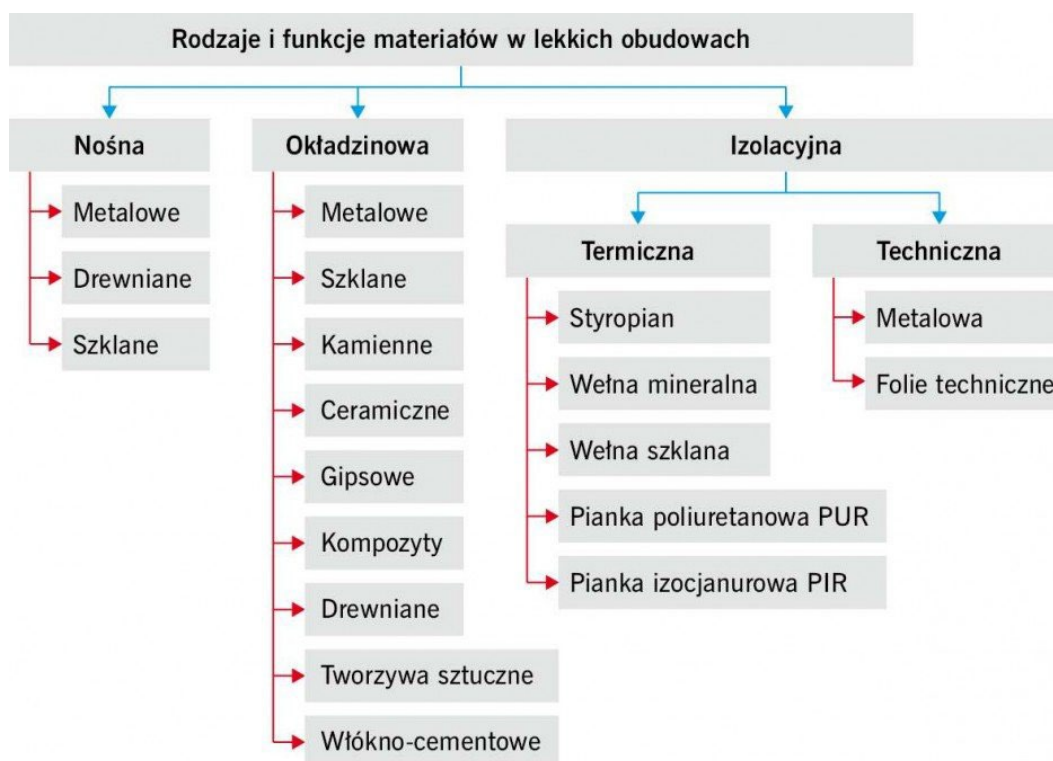


RYS. 2-5. Rodzaje lekkich obudów: przegroda jednowarstwowa (2), przegroda wielowarstwowa niewentylowana (3), przegroda wielowarstwowa wentylowana (4), przegroda przezierna (5); 1 - materiał przegrody, 2 - okładzina wewnętrzna, 3 - konstrukcja nośna, 4 - warstwa paroszczelna, 5 - warstwa izolacyjna, 6 - warstwa wiatroszczelna, paroprzepuszczalna, 7 - wentylowana pustka powietrzna, 8 - okładzina zewnętrzna, 9 - przegroda z materiału przeziernego; rys. archiwum autora



RYS. 1. Warunki eksploatacji i wymagania wpływające na dobór materiałów stosowanych w lekkiej przegrodzie budowlanej; rys. archiwum autora





RYS. 6. Rodzaje i funkcje materiałów stosowanych do konstruowania lekkich obudów obiektów budowlanych; rys. arch. Autorów

Z analizy warunków prezentowanych na [RYS. 2-5](#) i [RYS. 6](#) wynika, że elementy wykonane z materiałów metalowych mają duże zastosowanie. Dostępne na rynku budowlanym **materiały metalowe**, takie jak stal, aluminium, miedź, cynk wykorzystywane są w budownictwie już od bardzo dawna. Przykładem tego są zabytkowe budynki kryte blachami miedzianymi.

Od czasu, kiedy skutecznie rozwiązano problem zabezpieczenia antykorozyjnego płaskich elementów ze stali czarnej poprzez jej fabryczne cynkowanie (metoda Sendzimira), blachy stalowe stały się częstym elementem osłonowym, stosowanym m.in. w obiektach przemysłowych.

Od kiedy blacha profilowana zaczęła mieć trwałe i różnorodne kolory, "awansowała" do roli elementów dekoracyjnych, stosowanych również na obiektach użyteczności publicznej i budownictwa mieszkaniowego. Współczesne **obiekty budowlane** wznosi się z wykorzystaniem elementów stosując rozmaite wyroby metalowe, a wiele starych obiektów poddaje się modernizacji z wykorzystaniem tychże materiałów [2-6].

Zjawisko korozji powierzchniowej niezabezpieczonych antykorozyjnie materiałów stalowych, stosowanych w elementach osłonowych przy zastosowaniu gatunków stali o odpowiednio zmodyfikowanym składzie chemicznym (dodatki niewielkich ilości miedzi, fosforu, niklu i chromu), jest atutem wykorzystywanym przez architektów w niektórych obiektach użyteczności publicznej ([FOT. 1](#) - patrz: zdjęcie główne i [FOT. 2](#)).

Materiały metalowe znajdują zastosowania w konstrukcjach lekkich przegród budowlanych prawie we wszystkich rodzajach przegród i z uwagi na swoje właściwości spełniają różne funkcje, nawet w tak zaskakującym dla nich parametrze, jakim jest przezierność. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu takich rozwiązań, jak siatki cięto-ciągnięte stosowane na przegrody lub elementy osłonowe otworowane ([FOT. 3-5](#)).

Jedynym parametrem, którego nie mogą spełnić materiały metalowe, jest wymagana izolacyjność termiczna, co wynika z dużej wartości współczynnika przewodzenia ciepła. Jednak odpowiednie kształtowanie, zarówno

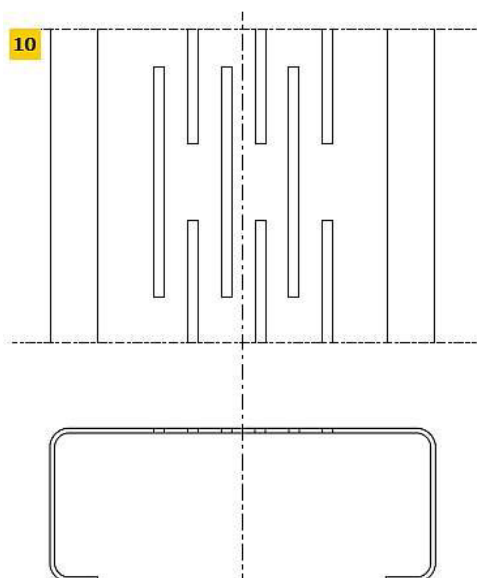
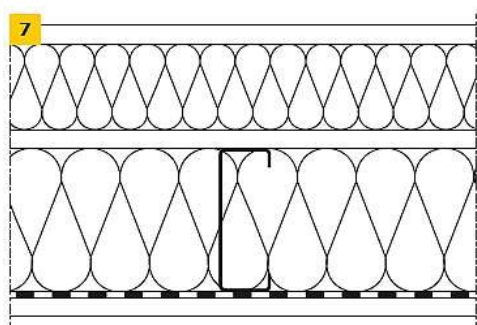


konstrukcji przegrody zewnętrznej, jak i samego elementu metalowego, pozwala na odpowiednie zmniejszenie wpływu mostków termicznych na parametry izolacyjne całej przegrody ([RYS. 7 i RYS. 10](#), [RYS. 8](#), [RYS. 9 i RYS. 11](#) oraz [FOT. 6](#)).

Asortyment wyrobów metalowych znajdujących zastosowanie w konstruowaniu zarówno samodzielnych przegród, jak i wchodzących w skład różnego rodzaju złożonych przegród (często systemowych) jest bardzo duży. W [TABELI 1](#) przedstawiono najpopularniejsze wyroby stosowane w lekkich obudowach wyrobów metalowych.



FOT. 2. Przykład zastosowania okładziny ze stali typu corten o podwyższonej odporności na warunki atmosferyczne na budynku ECS w Gdańsku: składowana blacha elewacyjna z widocznymi zawieszami (2); fot.: archiwum autora



RYS. 7 i 10. Metody eliminacji mostków cieplnych w lekkich przegrodach z zastosowanymi elementami metalowymi nośnymi (dystansowymi): dodatkowa warstwa izolacyjna (7) oraz przykładowy ceownik z perforowanym środkiem (10).

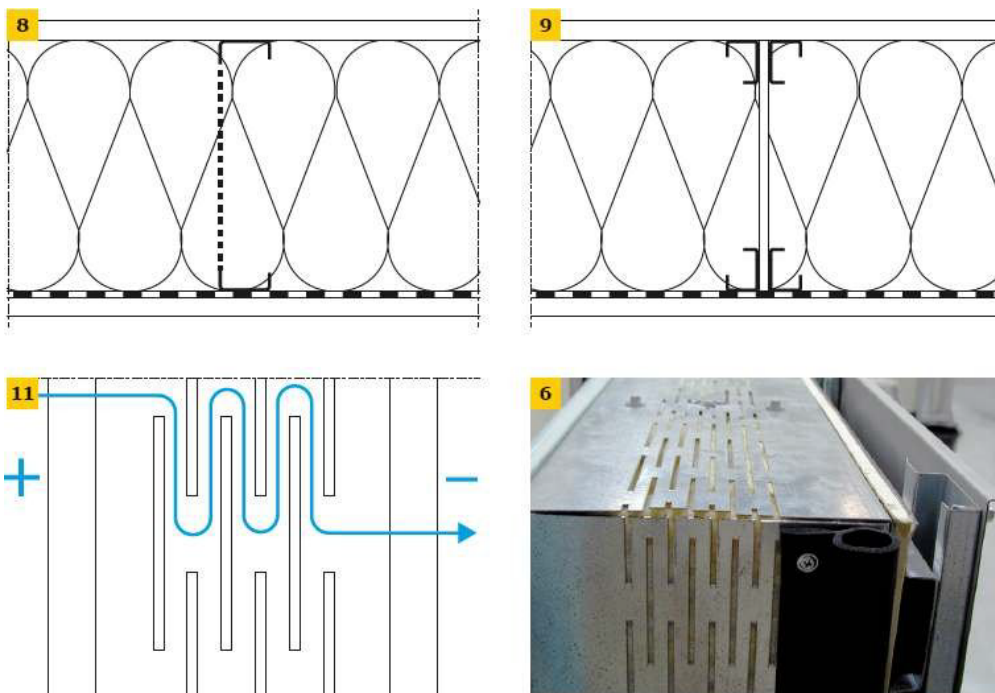
Stalowe wyroby stosowane do lekkich obudów

Największą grupę elementów stalowych stanowią różnego rodzaju blachy, które pełnią różne funkcje – okładzinowe, nośne, ochronne, co zaprezentowano częściowo w [TABELI 2](#).

Elementy osłonowe kształtowane z blach wykonywane są najczęściej z niskowęglowych stali różnych gatunków: S220GD, S250GD, S280GD, S320GD, S350GD, dla których wymagania określone zostały w normie PN-EN 10346:2015-09 [7]. Są to stale specjalnie przeznaczone do kształtowania i wykonywania wyrobów końcowych ([TABELA 2](#)) w procesie obróbki plastycznej materiału wykonywanej na zimno.

Duży wybór cech wytrzymałościowych materiałów stalowych, uzupełniony dużym wyborem dostępnych grubości, pozwala odpowiednio regulować potrzebną nośność elementów osłonowych i rozstaw wszelkiego rodzaju konstrukcji wsporczych potrzebnych do ich podparcia.

Zabezpieczenie antykorozyjne stalowych wyrobów płaskich, wykonanych według normy PN-EN 10346:2015-09 [7], to najczęściej powłoki galwaniczne nakładane na gorąco metodą zanurzeniową (metodą Sendzimira) w końcowym etapie produkcji płaskiego wyrobu stalowego.



RYS. 8, 9 i 11 oraz FOT. 6:

U góry po lewej RYS. 8 - Metody eliminacji mostków cieplnych w lekkich przegrodach z zastosowanymi elementami metalowymi nośnymi (dystansowymi): zastosowanie kształtownika z perforowanym środkiem; u góry po prawej RYS. 9 - zastosowanie na konstrukcję środka przekładki z innego materiału, np. sklejki; u dołu po lewej rys. 11 - wydłużona ścieżka przepływu ciepła przez metalowy kształtownik spowodowana wykonaniem odpowiednich perforacji; u dołu po prawej FOT. 6 - Przykład konstrukcji ściany z zastosowaniem kształtownika perforowanego; rys i fot. arch. autorów

Rodzaj wyrobu budowlanego	Zastosowanie wyrobu	Rodzaje materiałów			
		stal	aluminium	cynk	miedź
Blachy płaskie łączone ze sobą metodami dekarskimi na rąbki	pokrycie dachów płaskich oraz dowolnie kształtowanych, a także ścian o złożonych kształtach	■	■	■	■
Blachy płaskie otworowane łączone na nity lub za pomocą krętów	okładziny elewacyjne	■	■	■	■
Blacha niskoprofilowana (profil optyczny)	okładzina wyrobów wielowarstwowych	■	■		
Blachodachówki	zewnątrzna okładzina powierzchni dachowych	■	■		
Blachy profilowane nośne, ścienne i dachowe	okładzina zewnętrzna i wewnętrzna	■			
Wysokoprofilowane nośne blachy dachowe	dachy i ściany obiektów jako obudowa, element konstrukcyjny	■			
Kasetony elewacyjne	okładzina elewacyjna	■	■	■	
Panele elewacyjne	okładzina elewacyjna	■	■	■	
Kasety ścienne	budowa samonośnych ścian zewnętrznych w układzie poziomym (usytuowane od wnętrza obiektu)	■			
Specjalistyczne profile fasadowe	budowa szklano-metalowych fasad		■		
Kształtowniki	konstrukcje wsporcze do mocowania okładzin elewacyjnych, nośne elementy przegród	■	■		

TABELA 1. Zestawienie powszechnie wykorzystywanych w lekkich obudowach wyrobów metalowych

Widok elementu	Rodzaj elementu	Grubość t [mm]	Główne wymiary profilu [mm]	Charakterystyka wyrobu
	blachodachówka	0,5-0,6	G: 20-65	stalowa blacha cynkowana zanurzeniowo, pokryta jednostronnie kolorystycznymi powłokami poliestrowymi; element nienośny, spełniający jedynie funkcję osłonową i dekoracyjną, wymagający pełnego, sztywnego podkładu nośnego lub łat w rozstawie co 300-400 mm
	blachy faliste i faldowe	0,4; 0,5; 0,55; 0,6; 0,63; 0,7; 0,75; 0,8; 0,88; 1,0; 1,2; 1,25; 1,50	G: 20; 26; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 70; 84; 94; 130; 136; 150; 158	stalowa blacha cynkowana zanurzeniowo, pokryta kolorystycznymi powłokami poliestrowymi jedno- lub dwustronnie; umożliwia wykonanie nośnych i nienośnych zewnętrznych i wewnętrznych elementów osłonowych, zarówno ściennych, jak i dachowych
	listwy (panele) elewacyjne	0,75; 1,0	G: 33; 40; 45; H: 100; 200; 275; 300; 350; 400	stalowa blacha cynkowana zanurzeniowo, pokryta kolorystycznymi powłokami poliestrowymi; możliwe wykonanie również z blachy aluminiowej, stali nierdzewnej, miedzi (bez powłok kolorystycznych)
	kasety ścienne	0,75; 0,88; 1,0; 1,2; 1,5	H: 400; 500; 600; G: 100; 110; 125; 145; 150; 160	stalowa blacha cynkowana zanurzeniowo, pokryta kolorystycznymi powłokami poliestrowymi umożliwia wykonanie ścian bez układu rygli ściennych z możliwością ułożenia izolacji termicznej

TABELA 2. Przykładowe elementy kształtowane z blach stalowych

W ramach tego typu ciągłego zabezpieczenia metalicznego stosowane są takie rodzaje powłok, jak:

- **cynkowa** - oznaczenie **Z**, obustronna, najczęściej o łącznej gramaturze powłoki: 200 g/m², 255 g/m², 275 g/m²,
- ze **stopu cynku i aluminium** - oznaczenie **ZA**, lub **stopu aluminium-cynku** - oznaczenie **AZ**, zależnie od stosowanej proporcji między składnikami stopu, obustronna powłoka o łącznej gramaturze: 150 g/m², 185 g/m²,
- ze **stopu cynku i magnezu** - oznaczenie **ZM**, obustronna powłoka o łącznej gramaturze: 60 g/m², 80 g/m², 100 g/m², 120 g/m².

Powłoki metaliczne w większości przypadków uzupełniane są malarskim powłokami lakierniczymi w celu nadania wyrobom dodatkowej ochrony antykorozyjnej i specyficznych właściwości powierzchniowych, ale również cech kolorystycznych i estetycznych. Do elementów metalowych stosowanych na zewnątrz obiektów stosowane są organiczne powłoki typu:

- **poliestrowego** - oznaczenie **SP**, gr. 25 mm, 35 mm – charakteryzujące się dobrą odpornością na warunki atmosferyczne i zmiany temperatury,
- **polifluorowinyliidnowego** - oznaczenie **PVDV**, gr. 25 mm, 35 mm – charakteryzujące się podwyższoną odpornością na działanie korozji, wysoką odpornością na działanie promieni UV, wysoką stabilnością kolorystyczną oraz odpornością na uszkodzenia mechaniczne,
- **poliuretanowego** - oznaczenie **PVDV**, gr. 45 mm, 60 mm, 85 mm – charakteryzujące się dobrą odpornością na czynniki korozyjne oraz uszkodzenia mechaniczne, jak i działanie promieni UV.

Powinny być one zgodne z wymaganiami normy PN-EN 10169-1+A1:2012 [8]. Oprócz widocznych elementów elewacyjnych z materiału stalowego wykonuje się również wiele innych elementów stalowych wszelkiego rodzaju podkonstrukcji mocujących i nośnych.

Aluminiowe wyroby stosowane do lekkich obudów



Z aluminium wykonywane są, podobne jak w przypadku stali ([TABELA 1](#)), blachy niskoprofilowane elewacyjne, kasetony o grubościach w zakresie wymiarowym: 1,2 mm, 1,5 mm, 2,0 mm, 2,5 mm i 3,0 mm. Produkowane są również elementy drobnowymiarowe, umożliwiające układanie poszycia dachów w karo czy łuskę.

Z uwagi na koszt materiału oraz na ograniczenia wymiarowe elementów płasko walcowanych nie są wykonywane długie wyroby profilowane, co znacznie ogranicza możliwości krycia dachów czy ścian.

Na elementy okładzinowe z aluminium stosowane są stopy, zgodnie z wymaganiami wytrzymałościowymi określonymi w normie PN-EN 485-2:2014 [9]:

- **EN AW 1050A (Al99,5):**
- - dla stanu dostawy H22
- umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 55$ MPa,
- wytrzymałość doraźna $f_u = 85-125$ MPa przy wydłużalności $A_{50} = 6-12\%$ (w zależności od grubości materiału) według normy PN-EN ISO 6892-1:2010 [10],
- - dla stanu dostawy H24
- umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 75$ MPa,
- wytrzymałość doraźna $f_u = 105-145$ MPa przy wydłużalności $A_{50} = 5-8\%$ (w zależności od grubości materiału) według normy PN-EN ISO 6892-1:2010 [10]
- **EN AW 5754 (AlMg₃):**
- - dla stanu dostawy H22
- umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 130$ MPa,
- wytrzymałość doraźna $f_u = 220-270$ MPa przy wydłużalności $A_{50} = 7-10\%$ (w zależności od grubości materiału) według normy PN-EN ISO 6892-1:2010 [10],
- - dla stanu dostawy H24
- umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 160$ MPa,
- wytrzymałość doraźna $f_u = 240-280$ MPa, $A_{50} = 8-10\%$ (w zależności od grubości materiału) według normy PN-EN ISO 6892-1:2010 [10].

W przypadku **materiałów aluminiowych** oprócz określenia gatunku materiału ważne jest każdorazowe podanie stanu dostawy hutniczej odpowiadającego za obróbkę materiału.

W przypadku wymienionych gatunków jest to materiał, który w końcowej fazie produkcji hutniczej został umocniony zgniotem na zimno, a następnie częściowo wyżarzony (zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 515:1996 [11]). Taka obróbka powoduje, że materiały te nadają się do wykonywania wyrobów, które w toku kształtowania poddawane są obróbce plastycznej na zimno, np. w formie gięcia i profilowania blachy w wyroby finalne.

Wyroby z aluminium, choć wykonane są z materiału o bardzo dużej odporności na korozję atmosferyczną, zabezpieczane są dodatkowo przed korozją oraz koloryzowane na potrzeby architektoniczne przez pokrycie poliestrowymi farbami proszkowymi (SP) o minimalnej grubości 60 μm . Jest to proces zautomatyzowany i wykonywany wyłącznie w profesjonalnych malarniach z uwagi na sposób aplikacji proszku malarskiego, a następnie jego spiekanie w piecach.



Przy tym sposobie zabezpieczania wyroby aluminiowe mogą być stosowane zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz w środowiskach o kategorii korozyjności C1–C3, określonej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12944-2:2001 [12].

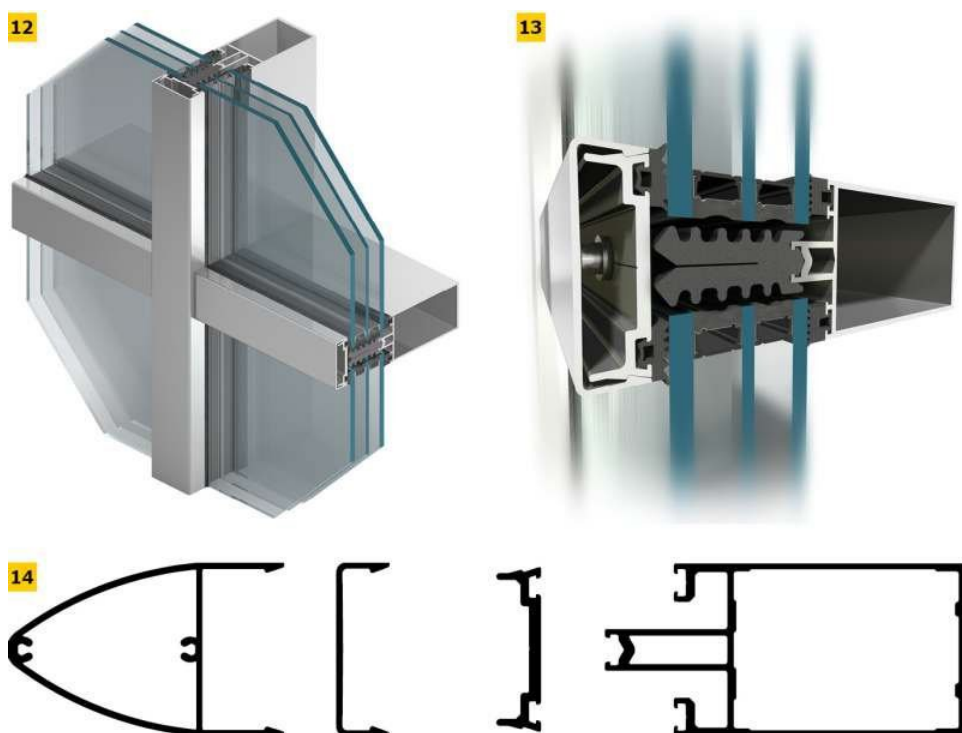
Jako elementów mocujących podkonstrukcji – profile Ω i C – używa się wyrobów stalowych wykonanych z blachy ocynkowanych fabrycznie - ze stali S250GD, S280 GD +Z275.

Okładzinowe elementy aluminiowe, które będą mocowane do niepalnych podkładów (spełniających wymagania co najmniej klasy A2-s0, d0 reakcji na ogień zgodnie z normą PN -EN 13501-1+A1:2010 [13]), klasyfikowane będą w klasie A1 reakcji na ogień według normy PN -EN 13501-1+A1:2010 [13] na podstawie decyzji Komisji Europejskiej 2010/737/WE i 96/603/WE z uwzględnieniem zmian zamieszczonymi w decyzji 2000/605/WE oraz jako nierozprzestrzeniające ognia (NRO) przy działaniu ognia od strony elewacji na podstawie normy PN-B-02867:1990+Az1:2001 [14] oraz rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [15].

Odrębną grupę wyrobów aluminiowych stanowią profile nośne konstrukcyjne używane do budowy wszelkiego rodzaju szklano-metalowych fasad (**RYS. 12-14**).

W tego typu rozwiązaniach aluminium sprawdza się najlepiej z uwagi na bardzo skomplikowany i rozbudowany kształt przekrojów poszczególnych profili, który jest niemożliwy do uzyskania w przypadku technik stosowanych przy kształtowaniu walcowanych wyrobów stalowych.

Odpowiednio skonstruowane matryce dają możliwość wykonywania prostoliniowych kształtowników o bardzo rozbudowanych kształtach przekroju poprzecznego i zmiennych grubościach ścianek przekroju.



RYS. 12–14. Szklano-metalowa fasada: przykładowy widok fragmentu fasady (12), wizualizacja połączenia szkła i kształtownika nośnego (13), przykłady przekrojów poprzecznych aluminiowych profili składowych systemu fasadowego (14); rys. Aluprof

Kształty przekroju poprzecznego mogą być również dostosowywane do indywidualnych potrzeb stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych [16], [17]. Jednocześnie kształtowane są różnego rodzaju wzdłużne gniazda montażowe przeznaczone do montażu takich elementów, jak uszczelki, łącznik czy nakładki maskujące.

Ze względu na różne funkcje techniczne poszczególnych elementów składowych wchodzących w te złożone systemy producenci nie podają szczegółowych informacji dotyczących stosowanego rodzaju stopu aluminium, gdyż każdy element składowy może być wykonywany z innego stopu, takiego, który jest bardziej opłacalny ekonomicznie czy lepszy pod względem użytkowym. Zabezpieczenie antykorozyjne i koloryzacja wykonywane są w ten sam sposób jak przy wyrobach płaskich -najczęściej przy zastosowaniu poliestrowych farb proszkowych. Parametrem technicznym, który należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu zarówno fasad, jak i elementów okładzinowych, jest duża wartość współczynnika rozszerzalności termicznej materiału wynosząca $\alpha_t = 24 \times 10^{-6}/K$.

Blachy cynkowe

Materiałem o największej odporności korozyjnej, który znalazł zastosowanie w elewacjach zarówno ściennych, jak i pokryciach dachowych, są wyroby wykonywane z blach cynkowych. Na rynku dostępne są blachy wykonane ze stopów:

- cynku z niewielkimi dodatkami tytanu (0,06-0,20%),
- miedzi (0,08-1,00%)
- i aluminium (maks. 0,015%),

które powodują poprawę właściwości technicznych wyrobów.

Każdy z tych pierwiastków stopowych polepsza cechy materiału zasadniczego, tj. cynku:

- tytan poprawia odporność na pęcznienie,
- miedź zwiększa wytrzymałość na rozciąganie.

Wyroby z cynku o stopniu czystości 99,995%, jaki można uzyskać w procesie rektyfikowania elektrolitycznego zgodnie z normą PN-EN 1179:2004 [18], są wyrobami charakteryzującymi się małą odpornością na łamanie w próbie zginania materiału o kąt 180°.

Dodatek wymienionych pierwiastków stopowych znacznie poprawia tę właściwość, co umożliwia zastosowanie tego materiału w wyrobach, w których konieczne jest wykonywanie zagięć, jakie występują np. przy łączeniu elementów technikami dekarскими na rąbki.

Z tego typu stopu wykonywane są na potrzeby budowlane wyroby płaskie, walcowane w postaci blachy, popularnie nazywane blachami cynkowo-tytanowymi. Właściwości wyrobów walcowanych wykonanych z tego typu stopu zostały określone w normie PN-EN 988:1998 [19]. Materiały te charakteryzuje się następującymi właściwościami technicznymi:

- umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 110-150$ MPa (czysty cynk ≥ 100 MPa),
- wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 160-190$ MPa (czysty cynk ≥ 150 MPa),
- wydłużenie przy zrywaniu $A_{10}^3 \geq 40\%$ (czysty cynk $\geq 35\%$).

Materiał ten cechuje duża wartość współczynnika rozszerzalności termicznej $\alpha_t = 22 \times 10^{-6}/K$. Ponadto charakteryzuje się on bardzo dobrą odpornością korozyjną, wynikającą z powstawania naturalnej powierzchniowej warstwy patyny – tworzącej się, w zależności od warunków ekspozycji w środowisku atmosferycznym, w okresie od 0,5 roku do 2 lat.



Powstająca patyna, która jest naturalnym produktem korozyjnym tego materiału, ściśle przylega do podłoża; pod względem chemicznym jest to zasadowy węglan wapnia.

Z uwagi na taki naturalny sposób ochrony firmy dostarczające tego typu wyroby gwarantują bardzo długie okresy trwałości:

- 40-70 lat w klimacie morskim,
- 50 lat w rejonach uprzemysłowionych,
- 90-100 lat w przypadkach instalacji w mniej agresywnym środowisku.

W czasie magazynowania i montażu w obiekcie należy zwrócić szczególną uwagę na zachowanie właściwych warunków przechowywania oraz kontaktu z innymi **materiałami budowlanymi**, które mogą oddziaływać szczególnie destrukcyjnie na tworzącą się powierzchniowo warstwę patyny przez występowanie np. białych wykwitów (biała korozja cynku).

Pomimo że jest to materiał o znacznej odporności korozyjnej, trzeba zwracać szczególną uwagę na występujące wokół inne metale i spływające wody opadowe, które mogą być nośnikami jonów innych metali wchodzących w reakcję z cynkiem, szczególnie w procesach korozji elektrochemicznej.

W przypadku tego materiału należy uważać na problemy związane z ewentualnym kondensowaniem się wody na wewnętrznych powierzchniach blachy w przestrzeniach słabo wentylowanych.

Blachy miedziane

Zastosowanie **materiału miedzianego** na obiektach budowlanych znane jest od dawien dawna, a jego trwałość została wielokrotnie potwierdzona. W budownictwie stosowane są wyroby z miedzi zgodne z normą PN-EN 1172:2012 [20].

W wyrobach stosuje się czystą **miedź** - o stopniu czystości 99,9% lub stop miedzi z cynkiem w ilości 0,5% – oznaczenie CuZn 0,5. Oba rodzaje stopów miedzi są plastyczne, kowalne i ciągliwe oraz nadają się do łączenia zarówno mechanicznego, jak termicznego za pomocą spawania lub lutowania miękkiego i twardego.

Trwałość materiału miedzianego związana jest z wytwarzaniem się na powierzchni materiału naturalnej warstwy patyny ochronnej, która ogranicza dalszy rozwój korozji materiału.

Warstwa ta cechuje się dużą trwałością, ale również ma cechę samonaprawiania w przypadku powstania uszkodzeń w jej obrębie - patyna tworzy się samoistnie od nowa w miejscu uszkodzenia.

Wyroby miedziane odporne są na chemiczne oddziaływanie wielu materiałów budowlanych, jak wapno lub cement, powodujących powstawanie środowiska zasadowego.

Miedź, w przeciwieństwie do cynku, odporna jest na zjawiska kondensacji wody na jej powierzchni. Właściwości wyrobów walcowanych wykonanych ze stopów miedzi zostały określone w normie PN-EN 1172:2012 [20].

Stosowane stopy miedzi charakteryzują się następującymi właściwościami technicznymi:

- **wyroby z miedzi miękkiej - R220**, stosowanej na elementy skomplikowane i poddawane obciążeniom:
 - umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 140$ MPa,
 - wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 220-260$ MPa,
 - wydłużenie przy zrywaniu $A_{50} \geq 33\%$.
- **Wyroby z miedzi półtwardej - R240** stosowanej na elementy obróbki dachów i ich odwodnienia:
 - umowna granica plastyczności $f_{0,2} = 180$ MPa,
 - wytrzymałość na rozciąganie $f_u = 240-300$ MPa,
 - wydłużenie przy zrywaniu $A_{50} \geq 8\%$.



Materiały te charakteryzują się współczynnikiem rozszerzalności termicznej $\alpha_t = 17 \times 10^{-6}/K$. Z uwagi na wysoką temperaturę topnienia materiału miedzianego - 1083°C materiał ten uważany jest za bardzo odporny na działanie ognia.

Płaskie walcowane wyroby miedziane łączone są ze sobą za pomocą różnych technik dekarских, które jednak wymagają pełnego podkładu (deskowania).

W wypadku zastosowania materiału miedzianego na wentylowanych konstrukcjach ściennych stosowane są rozwiązania w postaci **blach płaskich** łączonych na rąbki, blach falistych, listew, kaset i innych, które podobnie jak w innych przypadkach, wymagają stosowanej podkonstrukcji nośnej.

Wiele rozwiązań i przykładów zastosowania miedzi można znaleźć w publikacji Niemieckiego Instytutu Miedzi [21].

Okładziny metalowe płyt warstwowych

Odrębnym zagadnieniem materiałowym i korozyjnym są metalowe okładziny płyt warstwowych tworzących w połączeniu z rdzeniami termoizolacyjnymi kompletne niewentylowane przegrody ścienne i dachowe.

Norma PN-EN 14509:2013-12 [22] w punkcie 5 podaje szczegółowe wymagania stawiane wyrobom składowym stosowanym do wytwarzania płyt warstwowych, w tym elementom okładzinowym.

Okładziny stalowe wykonane ze stali czarnych, węglowych powinny charakteryzować się umowną granicą plastyczności min. 220 MPa.

Blachy stalowe powinny być pokryte antykorozyjnymi powłokami metalicznymi wykonanymi z:

- **cynku,**
- stopu **aluminium i cynku** w proporcjach 5% Al-Zn lub 55% Al-Zn,
- **aluminium - krzemu,**

co zostało określone normami PN-EN 10326:2006 [23] lub PN-EN 10327:2006 [24], ostatnio zastąpionymi jedną wspólną normą PN-EN 10346:2015-09 [7].

Minimalne grubości/masy powłoki metalicznej wykonanej na takiej blasze powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 508-1:2014-08 [25], a w wypadku zastosowania okładzin stalowych w połączeniu z materiałami spienianymi o zamkniętej strukturze komórkowej (jak sztywne rdzenie piankowe) masa powłoki metalicznej na powierzchni styku powinna wynosić min. 50 g/m².

Ochronne powłoki organiczne nanoszone na **wyroby stalowe** powinny być dobierane z uwzględnieniem ich trwałości i przewidywanych warunków zastosowania. Okładziny pokryte powłokami organicznymi powinny spełniać wymagania normy PN-EN 10169-1+A1:2012 [8]. W zakresie materiałowym producent wyrobu powinien określić gatunek metalu, grubość i wartości tolerancji grubości materiału.

Okładziny wykonane ze stali odpornej na korozję powinny charakteryzować się umowną granicą plastyczności min. 220 MPa, a skład chemiczny oraz właściwości fizyczne powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN10088-1:2014-12 [26]. W wypadku wykonywania na stalach nierdzewnych dodatkowej powłoki z ołowiu i cyny, powinna ona wynosić min. 40 g/m² łącznie dla obu powierzchni blachy, zgodnie z normą PN-EN 502:2013-7 [27].

Okładziny aluminiowe powinny charakteryzować się wytrzymałością równą 140 MPa, określaną przy dopuszczalnym odkształceniu 0,2%. Skład chemiczny, stopień twardości oraz właściwości mechaniczne aluminium powinny być zgodne z normą PN-EN 485-2:2014-02 [9] lub normą PN-EN 1396:2015-05 [28].

Okładziny miedziane powinny charakteryzować się wytrzymałością równą 180 MPa, określaną przy dopuszczalnym odkształceniu 0,2%. Skład chemiczny, stopień twardości, właściwości mechaniczne oraz tolerancje grubości powinny być zgodne z normą PN-EN1172:2012 [20].

Okładziny elewacyjne a przestrzeń wentylowana

Okładzina elewacyjna to zewnętrzna warstwa ściany budynku, nakładana w celu jej wzmocnienia, ochrony przed zniszczeniem, zawilgoceniem lub dla ozdoby. Może być metalowa, betonowa, drewniana, ceramiczna, szklana lub kamienna.

Z uwagi na pozostawianą pustkę powietrzną między materiałem okładzinowym a konstrukcją ściany tego typu rozwiązanie często nazywane jest elewacją wentylowaną, fasadą zimną lub ścianą osłonową nieizolowaną.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13119:2015-05 [29] ściana osłonowa nieizolowana jest to rodzaj ściany osłonowej, w której część zewnętrzna osłania wentylowaną przestrzeń powietrzną, a izolacja termiczna oraz uszczelnienie są na przegrodzie wewnętrznej. Między warstwami izolacyjnymi a elementami okładzinowymi musi być pozostawiona warstwa powietrza ([RYS. 15-16](#)).



RYS. 15-16. Przykład konstrukcji fasady wentylowanej: przegroda z izolacją termiczną (15), przegroda bez izolacji termicznej (16); rys. Aluprof

Konstrukcja elewacji wentylowanej powinna zgodnie z europejskimi wymaganiami określonymi w wytycznych ETAG 034 [30], [31] spełniać następujące wymagania:

- odległość między elementami obudowy i warstwą izolacyjną lub podłożem (przeźród wentylowana) powinna wynosić co najmniej 20 mm. Przestrzeń ta może być zmniejszona miejscowo o 5–10 mm;
- powierzchnia przekroju szczeliny wentylacyjnej u dolnej części budynku oraz przy krawędzi dachu powinna wynosić nie mniej niż 50 cm² na metr bieżący długości.

Elewacje wentylowane należy projektować i wykonywać zgodnie z Warunkami Technicznymi wykonania i odbioru elewacji wentylowanych [32] wydanymi przez ITB w Warszawie.

Do obrotu w budownictwie należy stosować systemy elewacyjne posiadające aktualną Europejską Ocena Techniczną lub Aprobata Techniczną [33].

Literatura

1. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Wymagania stawiane lekkiej obudowie", "IZOLACJE", nr 5/2016, s. 76-86.
2. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Nadbudowy i renowacje elewacji z wykorzystaniem materiałów i elementów lekkiej obudowy", "IZOLACJE", nr 7/8/2016, s. 50-55.
3. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Zastosowanie lekkich konstrukcji stalowych do renowacji, rozbudowy i remontów obiektów budowlanych", "Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje metalowe, posadzki przemysłowe, lekka obudowa, rusztowania", XXIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2008, vol. 3, s. 241-292.
4. D. Kowalski, E. Urbańska-Galewska, "Zastosowanie lekkich konstrukcji stalowych w przebudowach dachów", "Inżynier Budownictwa", nr 7/8/2011, s. 60-64.
5. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Systemy i rozwiązania elementów lekkiej obudowy", Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji "Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje metalowe, posadzki przemysłowe, lekka obudowa, rusztowania", Katowice-Szczyrk 2016, s. 213-306.
6. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Remonty i przebudowy dachów z zastosowaniem elementów lekkiej obudowy", "IZOLACJE", nr 7/8/2016, s. 58-63.
7. PN-EN 10346:2015-09, "Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno. Warunki techniczne dostawy".
8. PN-EN 10169+A1:2012, "Wyroby płaskie stalowe z powłoką organiczną naniesioną w sposób ciągły. Warunki techniczne dostawy".
9. PN-EN 485-2:2014-02, "Aluminium i stopy aluminium. Blachy, taśmy i płyty. Część 2: Własności mechaniczne".10. PN-EN ISO 6892-1:2009, "Metale. Próba rozciągania. Część 1: Metoda badania w temperaturze pokojowej".
10. PN-EN 515:1996, "Aluminium i stopy aluminium. Wyroby przerobione plastycznie. Oznaczenia stanów".
11. PN-EN ISO 12944-2:2001, "Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 2: Klasyfikacja środowisk".
12. 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".
13. PN-B-02867:1990/Az1:2001, "Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany".
14. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2015, poz. 1422).
15. D. Kowalski, "Aluminiowo-poliwęglanowe poszycie przekrycia stadionu piłkarskiego w Gdańsku", "Inżynieria i Budownictwo", nr 11/2012, s. 643-646.
16. D. Kowalski, "The aluminium and polycarbonate covering to the roof over the stadium in Gdańsk", "Steel Construction", nr 1/2013, s. 61-66.
17. PN-EN 1179:2005, "Cynk i stopy cynku. Cynk pierwotny".
18. PN-EN 988:1998, "Cynk i stopy cynku. Specyfikacja techniczna płaskich wyrobów walcowanych dla budownictwa".



19. PN-EN 1172:2012, "Miedź i stopy miedzi. Blachy i taśmy dla budownictwa".
20. H. Kleine, T. Gressman, "Miedź w budownictwie lądowym", Dusseldorf: Niemiecki Instytut Miedzi 1999.
21. PN-EN 14509:2013-12, "Samonośne izolacyjno-konstrukcyjne płyty warstwowe z dwustronna okładziną metalową. Wyroby fabryczne. Specyfikacje".
22. 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" (Norma wycofana i zastąpiona przez PN-EN 10346)].
23. PN-EN 10327:2006, "Taśmy i blachy ze stali niskowęglowych powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno. Warunki techniczne dostawy" [norma wycofana i zastąpiona przez PN-EN 10346].
24. PN-EN 508-1:2014-08, "Wyroby do pokryć dachowych i okładzin z metalu. Charakterystyka wyrobów samonośnych z blachy stalowej, aluminiowej lub ze stali odpornej na korozję. Część 1: Stal".
25. PN-EN 10088-1:2014-12, "Stale odporne na korozję. Część 1: Wykaz stali odpornych na korozję".
26. PN-EN 502:2013-07, "Wyroby do pokryć dachowych z metalu. Charakterystyka wyrobów z blachy ze stali odpornej na korozję układanych na ciągłym podłożu".
27. PN-EN 1396:2015-05, "Aluminium i stopy aluminium. Blachy i taśmy powlekane w rulonach do ogólnych zastosowań. Specyfikacje".
28. PN-EN 13119:2009-11, "Ściany osłonowe. Terminologia".
29. ETAG 034 "Zestawy do wykonywania okładzin ścian zewnętrznych. Część 1: Zestawy okładzin wentylowanych wraz z elementami mocującymi".
30. ETAG 034 "Zestawy do wykonywania okładzin ścian zewnętrznych. Część 2: Zestawy zawierające elementy okładzinowe, elementy mocujące, podkonstrukcję oraz wyroby izolacyjne".
31. O. Kopyłow, "Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część B: Roboty wykończeniowe", zeszyt 14: "Elewacje wentylowane", ITB Warszawa 2015.
32. E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, "Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych w budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych", PWN, Warszawa 2015.