

PAWEŁ ŻWIREK*

WYBRANE ZAGADNIENIA PROJEKTOWANIA DACHÓW
Z POKRYCIEM METALOWYMSELECTED ISSUES OF DESIGNING
OF ROOFS WITH METAL CLADDING

Streszczenie

Projektowane obecnie hale widowiskowo-sportowe, obiekty konferencyjne, lotniska oraz inne obiekty, w których połać dachowa, na ogół jedno lub wielokrzywiznowa, często decyduje o charakterze obiektu zazwyczaj mają pokrycie wykonane z samonośnych paneli metalowych. W pracy przedstawiono wybrane zagadnienia związane z projektowaniem dachów z pokryciem wykonanym z samonośnych paneli metalowych.

Słowa kluczowe: pokrycie metalowe, rąbek stojący, konstrukcja dachu

Abstract

Sports and entertainment halls, conference objects, airports and other similar buildings designed at present has curved, complicated roofs which determines character of the building. Usually those roofs has cladding made of self-supporting metal panels. Selected issues of designing of roofs with metal cladding made of self-supporting metal panels have been presented in the article.

Keywords: metal cladding, standing seam, roof structure

* Dr inż. Paweł Żwirek, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Dachy budowanych obecnie obiektów, oprócz bezpiecznego przenoszenia działających na nie obciążeń oraz ochrony wnętrza budowli przed wpływami środowiskowymi, często decydują o charakterze obiektu. Budynki terminali lotniczych, hal widowiskowo-sportowych, stadionów, obiektów konferencyjnych oraz innych obiektów użyteczności publicznej bardzo często mają dachy o postaci powierzchni jedno lub wielokrzywiznowej. Estetyczny wygląd pokryć metalowych oraz możliwość formowania skomplikowanych kształtów przy jednoczesnym zachowaniu szczelności i trwałości sprawiają, że są one chętnie stosowane przez projektantów. W przypadku wcześniej wspomnianej klasy obiektów, spośród dostępnych na rynku technologii wykonywania pokryć metalowych, najczęściej stosowane są samonośne panele metalowe (wykonywane wg norm [3, 4, [5], [6]), łączone na rąbek stojący.

Przykładem obiektu, którego niezwykle charakterystyczny dach został pokryty 230 000 m² samonośnych paneli aluminiowych łączonych na rąbek stojący jest Ferrari World w Abu Dhabi (il. 1).



Il. 1. Przykład dachu z pokryciem metalowym – Ferrari World World Abu Dhabi, powierzchnia dachu 230 000 m² [7]

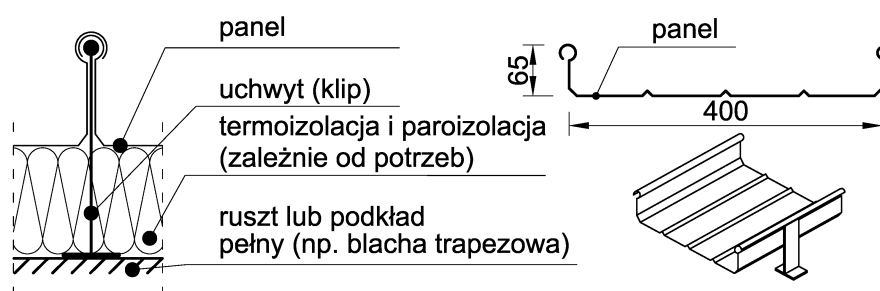
Ill. 1. Sample of roof with metal cladding – Ferrari World in Abu Dhabi, area of the roof: 230 000 m² [7]

W dalszej części pracy omówione zostaną wybrane zagadnienia związane z projektowaniem dachów z pokryciem wykonanym z metalowych paneli samonośnych.

2. Opis technologii

Na rynku wyrobów budowlanych dostępnych jest obecnie kilka podobnych systemów pokryć dachowych z samonośnych paneli dachowych łączonych na rąbek stojący. Panele mają zazwyczaj szerokość od 300 do 500 mm i wysokość od 50 do 65 mm, przykładowy przekrój poprzeczny panela przedstawia fot. 2. Przeważnie panele produkowane są bezpośrednio na budowie w kontenerach zwanych rollformerami (por rys. 3a). Materiał wsadowy do produkcji paneli stanowią blachy metalowe dostarczane na budowę w kęgach, dzięki czemu możliwe jest produkowanie pojedynczych elementów o długości nawet kilkudziesięciu metrów, dopasowanej do długości połaci dachowej (rys. 3b, 3d). Unika się dzięki temu styków poprzecznych, co zarówno podnosi estetykę pokrycia dachowego, jak również korzystnie wpływa na szczelność pokrycia – nawet w przypadku dachów o niewielkim kącie nachylenia połaci. Zależnie od kształtu dachu poszczególne panele mogą mieć stałą lub zmieniającą się (liniowo lub nieliniowo) po długości szerokość.

Poszczególne panele podpierane są punktowo na uchwytych nazywanych klipami (por. rys. 2, 3c). Najczęściej w kalenicy panele dachowe łączy się z klipami za pomocą łączników mechanicznych, uzyskując tzw. punkty stałe połaci dachowej. Pozostałe klipy nie są łączone z panelami i stanowią tzw. punkty ruchome. Styki pomiędzy sąsiednimi panelami są zaciskane mechanicznie za pomocą automatycznych urządzeń samobieżnych w sposób pozwalający na swobodne odkształcenia termiczne paneli w wyniku zmian temperatury pokrycia (ślizgnię paneli po klipach). Rozstaw klipów po długości rąbka zależy od obciążeń działających na panele, rodzaju materiału zastosowanego do produkcji paneli, szerokości paneli oraz wysokości rąbka. Klipy mogą być mocowane do rusztu (por. il. 3c) lub do podkładu pełnego, np. z blachy trapezowej (rys. 5b, 5c, 5d). Zależnie od potrzeb można pomiędzy podkładem pełnym i panelami zastosować izolację termiczną z wełny mineralnej (por. rys. 2). Zazwyczaj wełna mineralna pełni jedynie funkcję termoizolacyjną i nie przenosi obciążeń z paneli dachowych na warstwy leżące poniżej.



Il. 2. Dachy z pokryciem z samonośnych paneli metalowych: elementy składowe oraz przykładowy kształtu panela

Ill. 2. Roofs with cladding made of self-supporting metal panels: building blocks and sample of panels shape

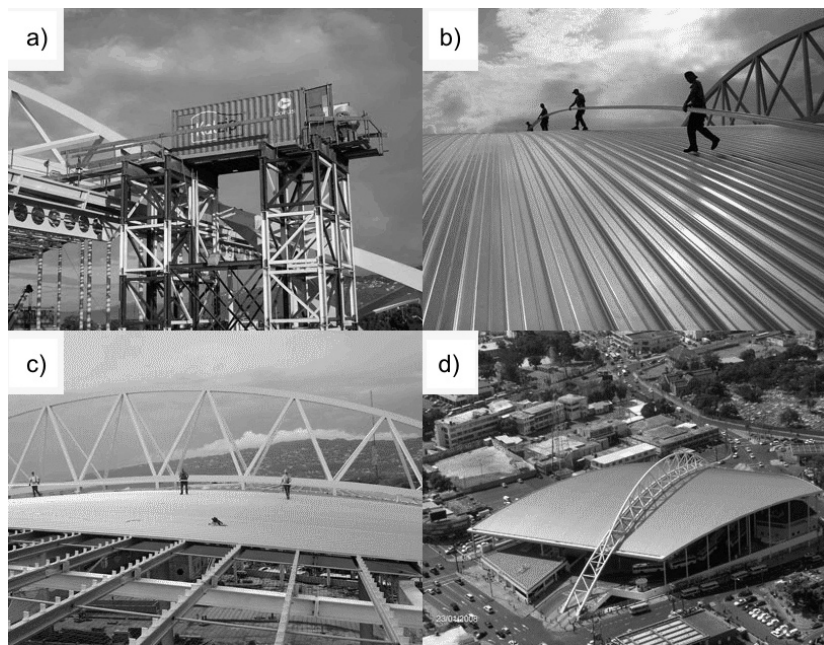
Do wyrobu pokryć metalowych stosowane są blachy miedziane, tytanowo-cynkowe, stalowe ocynkowane z powłokami lakierniczymi, stalowe nierdzewne oraz aluminiowe. Przy wyborze materiału na pokrycie dachowe należy brać pod uwagę m.in.: wpływy środowiskowe, wymagania ochrony przeciwpożarowej, nachylenie połaci, złożoność kształtu, względy estetyczne oraz względy ekonomiczne. Obecnie samonośne panele dachowe produkowane są przeważnie z blach aluminiowych. Za wyborem aluminium przemawia jego niska waga, wysoka odporność na wpływy środowiskowe (szczególnie w przypadku zastosowania dodatkowych powłok ochronnych), łatwość formowania oraz stosunkowo niska cena.

3. Zagadnienia konstrukcyjne

Na il. 5 przedstawiono różne rozwiązania konstrukcyjne przegród dachowych z pokryciem wykonanym z samonośnych paneli metalowych. W przypadku rozwiązania przedstawionego na il. 5a klipy mocowane są bezpośrednio do belek rusztu – przeważnie stalowego lub drewnianego. Przed przystąpieniem do projektowania konstrukcji dachu wskazane jest ustalenie odległości pomiędzy klipami służącymi do podpierania paneli. Odległość ta zależy zarówno od obciążeń działających na pokrycie dachowe, jak również od typu przyjętego panela (kształt, rodzaj i grubość materiału). W zakresie doboru rozstawu klipów pomocni mogą być specjaliści z działów konstrukcyjnych dostawców systemów oraz informacje zawarte w dokumentach takich jak np. [1, 2]. Prezentowane na ilustracji 5a rozwiązanie może być stosowane w przypadku budynków typu wiata, jak np. budynek dworca autobusowego na Jamajce (il. 3) oraz w przypadku dachów o bardzo komplikowanej geometrii, gdzie niekiedy ponad stropodachem wyposażonym w warstwy termo- i hydroizolacyjne buduje się ruszt stalowy pokryty jedynie panelami metalowymi. W przypadku wspomnianego rozwiązania, w zależności od klimatu, należy w projekcie uwzględnić możliwość powstawania skroplin na wewnętrznej powierzchni paneli. Przykład rusztu stalowego obudowanego panelami o małym promieniu gięcia przedstawia il. 4.

Jeżeli rozstaw klipów jest mniejszy niż odległość pomiędzy płatwiami, a jednocześnie fałdy blachy trapezowej przebiegają równoległe do paneli dachowych można zastosować rozwiązanie przedstawione na il. 5b. Przeważnie szerokość modułowa, panela dachowego nie stanowi wielokrotności szerokości jednej fałdy blachy trapezowej, w związku z czym konieczne jest wprowadzenie dodatkowych kształtowników układanych prostopadle do paneli – stanowiących podparcie dla klipów. Przy projektowaniu blachy trapezowej należy uwzględnić liniowy charakter obciążenia przekazywanego z pokrycia poprzez kształtownik leżący pod klipami.

Z kolei il. 5c przedstawia sytuację, w której panele układane są prostopadle do fałd blachy. W takiej sytuacji klipy można mocować bezpośrednio do górnej powierzchni fałd blachy eliminując potrzebę wprowadzania dodatkowych elementów pod klipami (por. il. 5b). Odległości pomiędzy klipami (wzdłuż rąbka) należy przyjmować jako wielokrotność szerokości jednej fałdy blachy. Rozwiązanie to może powodować sytuację, w której jedynie wybrane fałdy blachy przenoszą obciążenia przekazywane z pokrycia, podczas, gdy pozostałe przenoszą jedynie obciążenia od ciężaru własnego blachy oraz wełny mineralnej i paraizolacji. Projektując blachy trapezowe należy uwzględnić punktowy charakter obciążenia – uwzględniając możliwość wystąpienia w tym samym miejscu zarówno obciążenia przekazywanego z klipa, jak również z wieszaka służącego do podwieszenia występujących poniżej blach trapezowych instalacji, osłon akustycznych itp.



II.3. Pokrycie aluminiowe z samonośnych paneli dachowych (Jamajka, dworzec autobusowy):
a) urządzenie do produkcji, b) transport paneli, c) instalacja paneli, d) widok dachu [7]

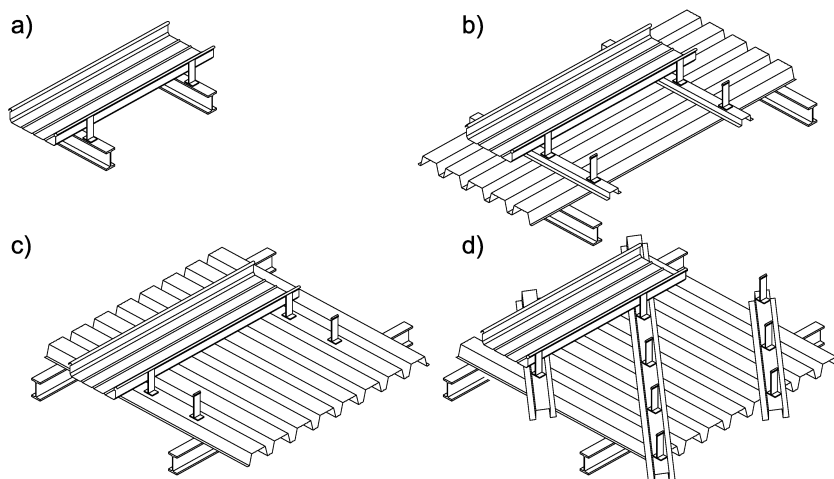
III. 3. Aluminum roof cladding made of self-supporting panels (Jamaica, bus station): a) production unit, b) transport of panels, c) installation of panels, d) view of the roof [7]



II. 4. Przykład konstrukcji stalowej obudowanej panelami o małym promieniu gięcia [7]

III. 4. Sample of steel structure with cladding made of panels with small radius of bending [7]

Niezależnie od kierunku ułożenia paneli względem fałd blachy trapezowej można stosować rozwiązanie pokazane na il. 5d, na którym klipy mocowane są do kształtowników przebiegających pod określonym kątem względem fałd blachy. Rozwiązanie takie powoduje przesuwanie klipów po długości rąbka na stykach kolejnych paneli, powodując bardziej równomierne przekazywanie obciążeń z pokrycia dachowego na powierzchnię blachy trapezowej, aniżeli w przypadku rozwiązań przedstawionych na il. 5d oraz 5c.

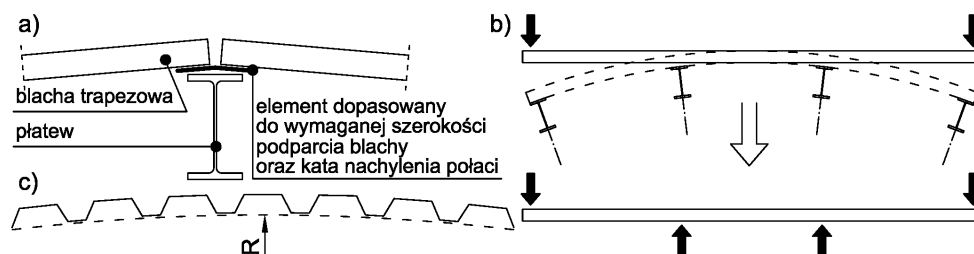


Il. 5. Przykładowe rozwiązania dachów z pokryciem z paneli samonośnych – opis w tekście

Ill. 5. Samples of roofs with cladding made of self-supporting panels – description in text

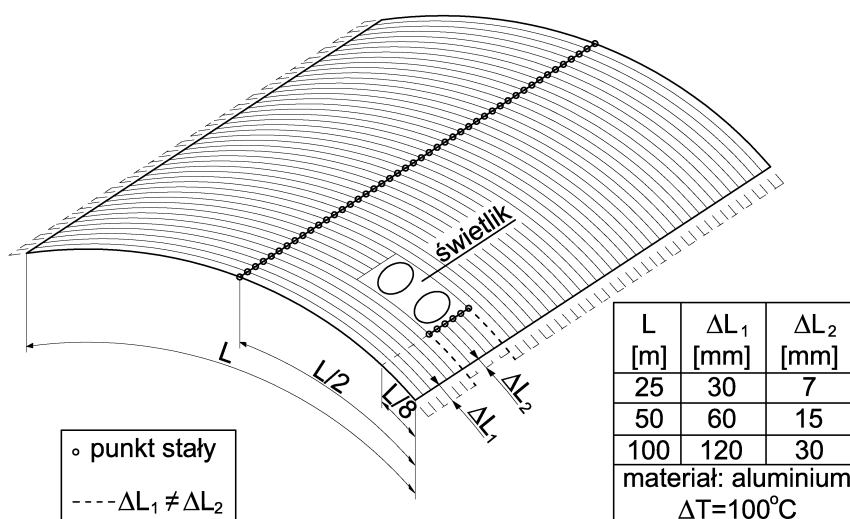
Stosunkowo niewielki asortyment dostępnych na rynku łukowych blach trapezowych powoduje, że projektanci obiektów z dachami o powierzchni zakrzywionej stosują płaskie blachy trapezowe – nawet w przypadku obiektów o zakrzywionych dachach. Dla dachów jedno-krzywiznowych zastosowanie blach trapezowych układanych fałdami równoległe do okapu umożliwi stosowanie blach płaskich, które są wstępnie wyginane w kierunku poprzecznym (por. il. 6c). Natomiast dla dachów wielokrzywiznowych oraz dachów jedno-krzywiznowych, w których blacha będzie układana fałdami prostopadle do okapu, można stosować: blachy płaskie jednoprzęsłowe, blachy łukowe jedno i wieloprzęsłowe oraz blachy płaskie wieloprzęsłowe wstępnie doginane do krzywizny dachu.

W przypadku stosowania jednoprzęsłowych blach trapezowych o fałdach przebiegających równoległe do paneli dachowych należy pamiętać o zapewnieniu właściwych warunków podparcia końców arkuszy na płatwiach – zarówno w zakresie wymaganej szerokości podpory, jak również odpowiedniego kąta nachylenia powierzchni podpierającej blachę (il. 6a). W przypadku wieloprzęsłowych płaskich blach trapezowych, które mają być zastosowane na dachach zakrzywionych, należy uwzględnić w obliczeniach dodatkowe siły wynikające ze wstępnego wygięcia blachy (il. 6b). Ponadto należy zapewnić odpowiednią szerokość oraz kąt nachylenia górnej półki elementu podpierającego blachę. Dla dachów o nieregularnym rzucie poziomym, wskazane jest zaprojektowanie podparcia krawędzi blachy przy okapach, szczytach oraz w rejonie dylatacji – szczególnie w sytuacji kiedy zastosowane będą blachy wymagające przycinania po skosie.



II. 6. Zastosowanie blach trapezowych płaskich w dachach zakrzywionych – opis w tekście

III. 6. Application of flat trapezoidal sheets in curved roofs – description in text



II. 7. Przykładowe wartości odkształceń paneli aluminiowych w zależności od długości paneli

III. 7. Sample values of elongations of aluminum panels depending on the length of the panels

Projektując dachy z pokryciem wykonanym z samonośnych paneli metalowych, należy brać pod uwagę odkształcenia termiczne pokrycia – szczególnie w przypadku paneli aluminiowych odznaczających się stosunkowo dużym współczynnikiem rozszerzalności cieplnej liniowej. Jak już wcześniej wspomniano konstrukcja tego typu pokryć dachowych pozwala na swobodne odkształcenia podłużne paneli pod wpływem zmian temperatury (odkształcenia termiczne w kierunku poprzecznym kompensowane są przez dużą liczbę rąbków na styku paneli). Ze względu na zapewnienie szczelności pokrycia zaleca się unikać przerywania jego ciągłości przez różnego typu przebicia dachowe jak np. światliki czy kanały wentylacyjne. W przypadku braku możliwości całkowitego wyeliminowania wspomnianych elementów powinno się je lokalizować możliwie blisko punktów stałych, a więc zazwyczaj w okolicach kalenicy gdzie odkształcenia podłużne paneli są jeszcze stosunkowo nieduże. W przeciwnym wypadku należy się liczyć z możliwością wystąpienia potrzeby zastosowania rozwiązania technicznego, wymaganego ze względu na szczelności, które może być trudne do zaakcepto-

wania ze względów estetycznych. Na il. 7 przedstawiono przykładowe wartości odkształceń paneli aluminiowych w zależności od długości połaci. Obliczenia wykonano, pomijając odkształcenia podłużne paneli wywołane tarciem w miejscach oparcia na klipach. Do obliczeń przyjęto różnicę temperatur pomiędzy okresem letnim i zimowym $\Delta t = 100^{\circ}\text{C}$.

3. Wnioski

Projektując pokrycia dachowe wykonywane z samonośnych paneli metalowych, należy odpowiednio wcześniej podjąć decyzję dotyczącą zastosowanego rozwiązania. Pozwoli to zaprojektować poprawnie ukształtowaną konstrukcję prętową, która dla dachów nieocieplanych powinna stanowić bezpośrednie podparcie dla klipów, natomiast w przypadku dachów ocieplonych powinna zapewniać właściwe warunki podparcia dla blach trapezowych. Ukształtowanie konstrukcji prętowej zależy również od przyjętego kierunku fałd blachy trapezowej wykorzystywanej jako podkład pełny i warstwa nośna przegrody dachowej ocieplonej.

Badania naukowe zostały wykonane w ramach realizacji Projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Literatura

- [1] Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-14.1-181 Kalzip-Aluminium-Stehfalzprofil-Dach.
- [2] Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-14.1-419 Aluminium-Stehfalzprofil-Dach-elemente Falz-Ripp.
- [3] PN-EN 14782:2008 Samonośne blachy metalowe do pokryć dachowych, okładzin zewnętrznych i wewnętrznych. Charakterystyka wyrobu i wymagania.
- [4] PN-EN 508-1:2010 Wyroby do pokryć dachowych z metalu. Charakterystyka wyrobów samonośnych z blachy stalowej, aluminiowej lub ze stali odpornej na korozję. Część 1: Stal.
- [5] PN-EN 508-2:2010 Wyroby do pokryć dachowych z metalu. Charakterystyka wyrobów samonośnych z blachy stalowej, aluminiowej lub ze stali odpornej na korozję. Część 2: Aluminium.
- [6] PN-EN 508-3:2010 Wyroby do pokryć dachowych z metalu. Charakterystyka wyrobów samonośnych z blachy stalowej, aluminiowej lub ze stali odpornej na korozję. Część 3: Stal odporna na korozję.
- [7] Meconstruct (www.meconstruct.be).