

Śruba dwugwintowa czy mocowanie bezpośrednie do blachy?

Dachy warstwowe - Potencjał takich dachów jest ogromny, podobnie jak wyzwania. Ponieważ ten typ dachu ma wszystko. Nowe testy pokazują, jaki rodzaj montażu modułów jest najlepszy.

Poniżej raport z praktyki



Specjalne wkręty stożkowe do trapezu, robią w blasze lejek – śruba trzyma się na 2-3zwojach.

Pokrycie dachów budynków komercyjnych, przemysłowych i rolniczych płytami warstwowymi stawia instalatorów fotowoltaiki raz po raz przed wyzwaniem: czy mogą przymocować bezpośrednio do arkusza pokrycia warstwowego, jak to zwykle bywa w przypadku blachy trapezowej, czy raczej nie? Poniższy artykuł przedstawia wyniki badań Baywa r.e. Solar Energy Systems GmbH.

Firma jest między innymi producentem systemu montażowego novotegra.

W przypadku budynków przemysłowych płyta warstwowa ma tę zaletę, że integruje izolację termiczną. Konstrukcja paneli jest prosta i niezwykle praktyczna: rdzeń izolacyjny z pianki PU lub wełny mineralnej osadzony jest pomiędzy dwiema blachami trapezowymi.

Trapezoidalna konstrukcja górnego płaszcza pokrywy i połączenie izolacji z dwoma zewnętrznymi płaszciami pokrywy tworzy nośny

element dachu.

Układanie płyt warstwowych, które jednocześnie tworzą poszycie dachu i izolację termiczną, jest również szybkie i łatwe.

Instalator ma teraz problem z wyborem: Czy proponuje instalację modułów fotowoltaicznych za pomocą śrub dwugwintowych? A może podejmuje ryzyko i wybierze znacznie tańsze bezpośrednie mocowanie instalacji?



Jeżeli instalator zdecyduje się na rozwiązanie montażowe ze śrubami dwugwintowymi, formalnie stosuje się do aktualnego stanu techniki. Śruby dwugwintowe mocowane są w krokwiach konstrukcji dachu. W zależności od konstrukcji nośnej składają się one z drewna lub stali, dlatego na rynku dostępne są śruby dwugwintowe dla danego typu krokwi.

Montaż zgodny z aktualnym stanem techniki

W celu zamontowania śrub dwugwintowych, pokrycie dachu musi być rozwiercone i trwale uszczelnione za pomocą uszczelek należących do śrub dwugwintowych. System montażowy kieruje obciążenia działające przez wiatr i śnieg na moduły poprzez szyny montażowe na śruby dwugwintowe, a następnie na konstrukcje nośną budynku. To, czy można zaoferować to rozwiązanie systemowe, zależy jednak od wielu parametrów. Często oznacza to brak możliwości wykonania instalacji fotowoltaicznych na wielu dachach wielowarstwowych.

- Dobór szyn montażowych uzależniony jest od odległości między krokwiemi - duże rozpiętości od trzech do pięciu metrów nie są rzadkością w przypadku elementów warstwowych, wymagają większych szyn o większej nośności.
- Wyrównanie modułów (pionowe lub poziome) oraz nośność śrub dwugwintowych mają wpływ na konstrukcję szyny - w zależności od montażu jest to konstrukcja jednowarstwowa lub krzyżowa.
- Przy dużych rozpiętościach lub dużych obciążeniach śniegiem na śruby dwugwintowe działają duże siły. Ze względu na ograniczone naprężenia zginające śrub dwugwintowych - nawet w przypadku dostępnych na rynku grubszych śrub dwugwintowych M12 - wymagają one dużej liczby punktów mocowania.
- Cienkie krokwie stalowe o grubości materiału od 1,5 do 3 milimetrów wymagają zastosowania łączników/teowników do krokwi stalowych. Ze względu na małą średnicę tych specjalnych śrub i wynikającą z tego jeszcze mniejszą nośność na zginanie w porównaniu ze śrubami dwugwintowymi do krokwi drewnianych, maksymalna nośność może zostać szybko przekroczona. Podobnie jest z wąskimi krokwiemi drewnianymi: dozwolone są tylko cienkie śruby dwugwintowe.
- Ponieważ materiały systemu montażowego (aluminium) i pokrycia dachowego (zwykle blacha stalowa) rozszerzają się w różny sposób pod wpływem temperatury, należy zastosować odpowiednią dyktację.

AUTORZY dr inż. Martin Schäfer



Studiował inżynierię lądową na Politechnice w Berlinie do 1995 roku, a następnie pracował jako inżynier budownictwa w Ph. Holzmann AG w dziedzinie kompozytowych konstrukcji stalowych. Ukończył doktorat na Uniwersytecie w Stuttgarcie. W 2005 roku rozpoczął pracę w Baywa r.e. (wtedy MHH Solartechnik) w Tybindze i opracował system montażu novotegra. Na podstawie przeprowadzonych testów stale rozwija system montażu.

Thomas Pfaff



studiował inżynierię lądową na Uniwersytecie Nauk Stosowanych Biberach do 2000 roku. Rozpoczął pracę jako inżynier budowlany w Baywa r.e. Dziś kieruje rozwojem, zarządzaniem produktami i zakupami systemu montażowego novotegra w Baywa r.e. Solar Energy Systems GmbH.

Ponieważ szyny montażowe nie działają w sposób ciągły przy przerwaniu, może to prowadzić do zwiększenia przekroju poprzecznego szyny.

Wzrasta ryzyko nieszczelności

Ze względu na wymagania statyczne i związaną z tym dużą liczbę punktów wiercenia w dachu, ryzyko nieszczelności wzrasta, jeśli śruby dwugwintowe nie zostaną zamontowane poprawnie z odpowiednią dokładnością. Możliwe błędy obejmują nieprawidłową średnicę wierconych otworów, wkręcanie śrub dwugwintowych pod kątem i nieprawidłowo zamontowane elementy uszczelniające. Nie tylko może przeciekać dach - z punktu widzenia fizyki budowli należy również wziąć pod uwagę kwestię uszkodzenia izolacji dachu. Stal nierdzewna śruby dwugwintowej przewodzi zimno około 500 razy bardziej niż izolacja rdzenia z PU elementu płyty warstwowej.

Statyka determinuje koszty

Wynik obliczeń statycznych zawiera specyfikację liczby elementów łącznych, a także wybór wymaganej szyny montażowej do mostkowania szerokości przęsła elementów warstwowych. Od tego zależą więc w dużej mierze koszty systemu montażowego, ponieważ więcej materiału oznacza wyższe koszty.

Jednocześnie więcej materiału oznacza również większy wysiłek montażowy podczas wkręcania śrub dwugwintowych ze względu na konstrukcyjne połączenie szyn poprzecznych. Nie należy lekceważyć wysiłku związanego z profesjonalnym montażem śrub dwugwintowych.

Problemy z drewnianymi krokwiemi

Aby zachować odstępy od krawędzi na krokwiach drewnianych, należy najpierw znaleźć ich środkowe osie poniżej pokrycia warstwowego o grubości około 10 do 15 centymetrów. Nie jest to wcale łatwe, ponieważ instalator nie widzi położenia krokwi, do których przymocowane są płyty warstwowe podczas ich montażu na dachu. Po pokonaniu przeszkód technicznych, budowa systemu staje przed kolejnym wyzwaniem - opłacalnością. Ze względu na co raz niższe koszty budowy systemu fotowoltaicznego w ciągu ostatnich kilku lat, koszty systemu montażowego coraz bardziej stają się przedmiotem kosztów całkowitych. Tańsza alternatywa: bezpośrednie mocowanie do elementów warstwowych.

Mocowanie bezpośrednie - alternatywa?

Podczas gdy fotowoltaiczne systemy montażowe z bezpośrednim mocowaniem do blachy trapezowej stały się powszechnie akceptowane w przypadku pokryć dachowych z czystej blachy trapezowej, takie rozwiązanie montażowe jest nieco kontrowersyjne w przypadku elementów dachowych typu "płyta warstwowa" ze względu na lokalnie wprowadzone obciążenie punktowe. Dopuszczenie profili przez urząd budowlany zazwyczaj uwzględnia tylko obciążenie na dużej powierzchni. Obciążenia pojedyncze jako obciążenia punktowe nie są objęte większością dopuszczeń.

Duża liczba producentów płyt warstwowych oraz wymagane atesty nadzoru budowlanego również utrudniają jednolite rozpatrzenie sprawy. Ponadto istnieje wiele różnych rozwiązań systemów montażowych od różnych dostawców. Istnieją rozwiązania z klipsami mocującymi do mocowania szyn lub elementów szyny do boków lub krótkie mostki przykręcane do górnych fal trapezu.

Wysokie koszty związane z dopuszczeniem nadzoru budowlanego

Z czysto formalnego punktu widzenia oznaczałoby to, że producenci płyt warstwowych testują swoje panele z indywidualnymi obciążeniami i różnymi rozwiązaniami systemu montażu i uwzględniają je w swoich aprobatkach nadzoru budowlanego

Alternatywnie, poszczególni producenci systemów montażowych mogliby przetestować swoje systemy z różnymi elementami płyt warstwowych w celu uzyskania własnych aprobat budowlanych.

Oznacza to jednak ogromny wysiłek i wysokie koszty zarówno dla producentów płyt warstwowych, jak i dla producentów systemów montażowych.

Temat był już omawiany w grupie roboczej z uczestnikami z obu stron w czerwcu 2013 r. - jednak wspólne podejście nie powiodło się ze względu na wysiłek i niekorzystne warunki rynkowe w tamtym czasie.

Bezpośrednie mocowanie posiada zalety

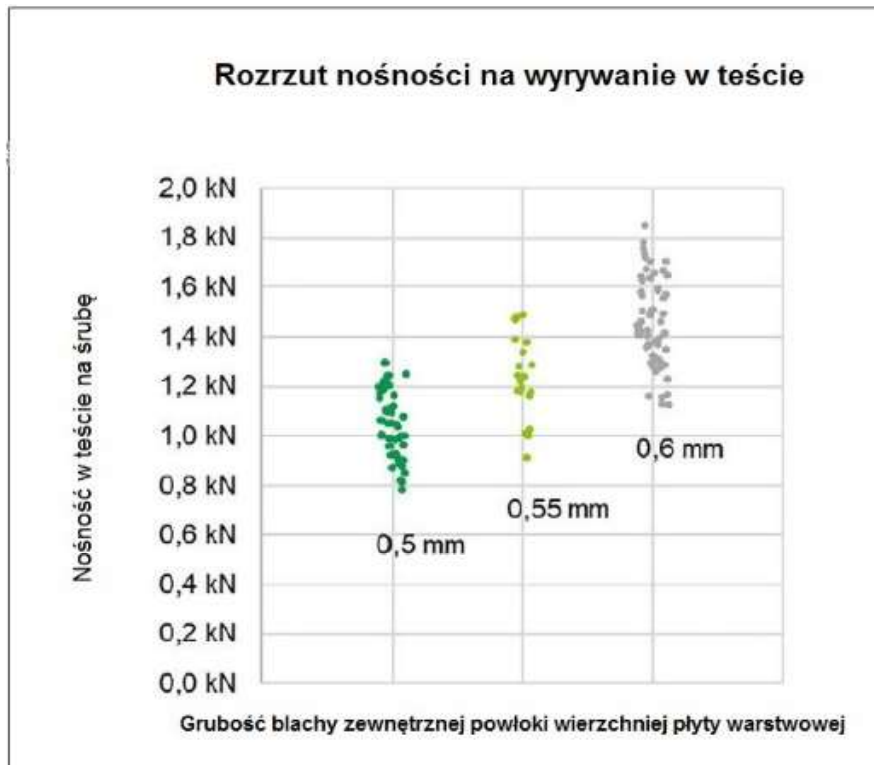
Z punktu widzenia techniki montażu bezpośrednie mocowanie systemu montażowego z płaszczem wierzchnim płyty warstwowej oferuje zalety, które wielu instalatorów już zna i docenia dzięki rozwiązaniom dla pokryć dachowych z blachy trapezowej. Montaż bez przebicia dachu do konstrukcji nośnej budynku jest dużo łatwiejszy, ponieważ podkonstrukcja nie jest przymocowana do siatki krokwi.

Oznacza to, że rozmieszczenie modułów fotowoltaicznych na powierzchni dachu można wybrać w dużej mierze niezależnie. Wyrównanie modułów determinuje dobór wymaganego krótkiego mostka, który jest mocowany bezpośrednio do pokrycia dachowego. W ten sposób całkowicie wyeliminowano mozolne wiercenie powierzchni dachowej i drewnianych krokwi o różnych średnicach.

Niezależnie od tego, czy moduł jest montowany pionowo, czy poziomo - koszty materiałowe i montażowe mostków to tylko ułamek w porównaniu z ciągłymi szynami, które muszą być mocowane za pomocą śrub dwugwintowych. Wysokość profilu, tj. przekrój, a tym samym zastosowany materiał, nie jest oparty na obliczeniach statycznych szyn, ale na potrzebach instalatora dotyczących dobrej wentylacji modułów fotowoltaicznych od tyłu.

Znacznie mniej części

Oczywiście znacznie mniejsze zużycie materiałów montażowych ma również zalety logistyczne. W ten sposób cały materiał systemu montażowego można po prostu dostarczyć na małych paletach lub wygodnie przewieźć na plac budowy. Obsługa materiału w kartonach na placu budowy jest również znacznie łatwiejsza niż obsługa ciągłych szyn montażowych.



Nośność płyt warstwowych w zależności od grubości blachy.

System montażowy mocowany jest do górnej blachy za pomocą wkrętów samowiercących, które od wielu lat są stosowane do przykręcania doczołowego elementów z blach warstwowych i trapezowych. Przeważają w większości cienie wkręty do blachy, które tworzą gwint w blasze.

Specjalne śruby do cienkich blach

Znane od dawna w branży dekarzkiej śruby do mocowania mają jeszcze jedną decydującą zaletę: wiele śrub mocujących posiada atesty nadzoru budowlanego i można ich używać do blach stalowych o grubości od 0,4 mm, a więc także do mocowania do powłoki wierzchniej elementów warstwowych o typowej grubości 0,4 do 0,6 milimetra.

Śruby do blachy można bardzo łatwo zamontować za pomocą wkrętarki akumulatorowej bez wcześniejszego wiercenia w pokryciu dachowym. **Siły wyciągające określone w aprobach nadzoru budowlanego dla wkrętów do cienkich blach są tak duże, że często wystarczają dwie śruby, aby przymocować profile do płaszcza pokrywy.** Nawet w przypadku blach aluminiowych te cienkie wkręty do blach można stosować już od grubości materiału 0,5 mm.

Uszczelnienie na garbie trapezu

Uszczelnienie na garbie trapezu między mostkami mocującymi a płaszczem jest wykonane przy użyciu wstępnie przyklejonych uszczelek EPDM do naszych mostków.

Po dokręceniu śrub są one dociskane do trapezu. Uszczelka EPDM jest dodatkowo chroniona od góry przed warunkami atmosferycznymi profilem montażowym.

Dzięki uformowanemu gwintowi w blasze nie ma szczeliny między cienkim wkrętem do blachy a blachą. Ponadto uszczelka EPDM cienkiego blachowkrętu - w przeciwieństwie do konwencjonalnej uszczelki śruby dwugwintowej - całkowicie zakrywa gwint.

Dzięki wielokrotnie mniejszej ilości użytego materiału, znacznie łatwiejszemu transportowi na plac budowy oraz szybszemu i łatwiejszemu montażowi elementów systemu, całkowite koszty można znacznie obniżyć w porównaniu do rozwiązania ze śrubami dwugwintowymi.

Test:

Jak już opisano, nośność płyty warstwowej wynika z połączenia poszczególnych warstw samej płyty warstwowej. Konstrukcja elementu wielowarstwowego nie jest istotna dla wprowadzenia obciążenia do płaszcza poszycia, ponieważ zdolność wyciągania cienkiego wkrętu z blachy zależy od właściwości materiału i grubości poszycia.

Aby wprowadzić obciążenia punktowe do płyty warstwowej, pojawia się pytanie, jakie uszkodzenia powstają przy obciążeniu elementów warstwowych. Czy połączenie między poszyciem a izolacją rdzenia zawodzi lub czy śruba wyrwa się z samego poszycia? Aby móc to ocenić, Baywa r.e. Solar Energy Systems GmbH w Tybindze przeprowadziła ponad sto wewnętrznych testów.



Grafik: BayWa r.e.

Różne opcje montażu modułów na podwyższonych listwach - z krótkimi mostkami.

Podjęto próby wyciągnięcia na 18 różnych rodzajach płyt warstwowych od 13 różnych producentów. Grubość materiału powłok poszycia wynosiła od 0,5 do 0,6 milimetra. Do mocowania krótkich profili wybrano różne śruby do cienkiej blachy od różnych producentów z różnymi układami śrub.

Oprócz wprowadzonej siły zmierzono również zarejestrowano we wszystkich testach lokalne odkształcenie blach w punkcie naprężenia. Wszystkie testy przeprowadzono aż do wyrwania elementów konstrukcji.

Wynik testu w liczbach

Wszystkie testy wykazały ten sam schemat zniszczenia: podczas mocowania na górnej fałd poszycia wystąpiło niewielkie, miejscowe odkształcenie stożkowe blachy pokrywającej w kierunku działania siły i śruby zostały wyrwane z poszycia. Boczne mocowanie do górnej fali wykazało owalizację otworu w blasze.

Wartości wyrwania określone w badaniach wynosiły od 0,8 do 1,8 kiloniutonów na śrubę (odpowiada to 80 do 180 kilogramów). Po osiągnięciu obciążenia niszczącego badane typy płyt warstwowych wykazywały jedynie lokalnie bardzo znikome oderwania powłok wierzchnich.

Wynik testu w praktyce

- Charakterystyczne siły na wyrwanie, były w większości powyżej wartości dopuszczonych przez nadzór budowlany danego wkrętu.
- Aby lepiej sklasyfikować wynik testów, poniżej na przykładzie pokazano uproszczone obliczenia typowymi założeniami dla lokalizacji w Niemczech. Podstawą następujących założeń odpowiedniego obciążenia wiatrem jest Eurokod DIN EN 1991-1-4:
 - strefa obciążenia wiatrem 2,
 - kategoria terenu III (wieś, teren otwarty),

- Wysokość budynku: dwanaście metrów,
 - Kształt dachu: dwuspadowy,
 - Nachylenie dachu: 15 stopni,
 - Rozmiar modułu: 1,65 metra x 1,1 metra.
- Aby uprościć obliczenia, pominięto korzystny ciężar własny modułu. Jako parametry do obliczeń służyć następujące wartości:
- Ciśnienie dynamiczne: 0,66 kiloniutonów na metr kwadratowy,
 - współczynnik aerodynamiczny: 2,0 (powierzchnia narożna dachu),
 - współczynnik aerodynamiczny: 1,2 (środkowa powierzchnia dachu),
 - Współczynnik bezpieczeństwa obciążenia: 1,5,
 - Powierzchnia modułu: 1,75 m²,
 - Obciążenie ssaniem wiatru w narożniku dachu
 - = 0,66 kN / m² x 2,0 m² x 1,5 m² x 1,65 m² = 3,27 kN
 - Obciążenie ssaniem wiatru pośrodku powierzchni dachu
 - = 0,66 kN / m² x 1,2 m² x 1,5 m² x 1,65 m² = 1,96 kN

Siła ssąca wiatru na module musi być wprowadzona do poszycia płyty warstwowej poprzez zamocowanie krótkich mostków za pomocą cienkich śrub do blachy.

Do mocowania służą dwa krótkie mostki na moduł. W obszarze narożnym moduły są przymocowane na cztery śruby, a w środkowej części z dwoma śrubami - dlatego obciążenie musi być w stanie przejść osiem lub cztery śruby. Skutkuje to obciążeniem na śrubę wynoszącym

- $Z_{fck} = 3,30$ kN dla ośmiu śrub

= 0,41 kN na wkręt w narożniku

- $Z_{d \text{ Rand}} = 1,96$ kN na cztery śruby

= 0,49 kN na śrubę w obszarze środkowym



Dach warstwowy w całości pokryty modułami fotowoltaicznymi

Nośności na wrywanie wkrętów zgodnie z aprobatą nadzoru budowlanego są pomniejszone o materiałowe współczynniki bezpieczeństwa i skutkują tzw. wartościami znamionowymi do obliczeń statycznych. W przypadku blachy stalowej o grubości 0,5 milimetra śruba ma wytrzymałość na rozciąganie wynoszącą $Z_{Rd} \sim 0,6$ kiloniutona. Oznacza to, że obciążenia wymienione w przykładzie można łatwo wprowadzić do płyty warstwowej za pomocą wybranej liczby śrub.

Perspektywa

Testy z łącznie 18 rodzajami płyt warstwowych od 13 różnych producentów, które zostały przeprowadzone, zdecydowanie sugerują, że można mierzyć punktowe wprowadzanie obciążeń ssących wiatru do poszycia za pomocą cienkich blachowkrętów, podobnie jak w przypadku mocowania do blachy trapezowej.

Ze względu na wprowadzenie obciążenia punktowego, w płytach warstwowych wystąpiło tylko lokalnie nieznaczące lekkie odkształcenie, tak że połączenie między płaszczem wierzchnim a izolacją rdzenia z PU jest tylko nieznacznie osłabione. Dlatego szacuje się, że wpływ na całkowitą nośność elementów warstwowych jest praktycznie zerowy.

Wyniki serii testów potwierdzają aprobaty projektowe, a także uwzględnienie w aprobatkach poszczególnych producentów płyt warstwowych.

Pożądane jest, aby wszyscy zaangażowani w budowę nowoczesnych hal, przyjęli mocowanie bezpośrednio jako nowy standard. Kompleksowe badania powinny dać na to zielone światło, tak aby takie podłączenia stały się normą.

Pozwoli to na dobór i zastosowanie odpowiednich

płyt warstwowych, zwłaszcza w nowym 100 procentach. Rozwiązanie: jasne i klarowne

Przetestowano następujące typy montażu

	Wyrównanie modułu	Dopasowanie profilu do wypukłej listwy	Mocowanie do wypukłej listwy
1	w poprzek	równoległe	do wypukłej listwy
2	pionowo	w poprzek	do wypukłej listwy
3	niezależnie	równoległe	z boku wypukłej listwy

LICZBA ŚRUB ZAINSTALOWANYCH PODCZAS PRÓBY

Wybrano następujące mocowania

	liczba śrub	rozmieszczenie śrub
a.	1 śruba	osiowe
b.	2 śruby	osiowe
c.	3 śruby	przesunięte po przekątnej
d.	4 śruby	osiowe

budownictwie i renowacji dachu, do bezpośredniego mocowania systemów fotowoltaicznych.

Brak pełnego potwierdzenia

Jednak indywidualne pozwolenia na bezpośrednie mocowanie czy uwzględnienie w aprobatkach nadzoru budowlanego stanowią wyzwanie dla konstruktorów instalacji fotowoltaicznych, ponieważ w tej chwili nic nie jest potwierdzone w

zasady zapewniające jednolity standard montażu przy budowie systemów fotowoltaicznych na dachach z płytami warstwowymi oraz bezpieczeństwo monterów podczas montażu. Poszczególni producenci płyt warstwowych we współpracy z indywidualnymi producentami systemów montażowych już wykazali chęć tej jednorodności. Jednak ze względu na dużą liczbę różnych dachów w istniejących i nowych budynkach, nie jest to takie proste żeby wdrożyć nowy standard mocowania. Ale mocowanie bezpośrednio do blachy jest jak najbardziej wskazanym i słusznym rozwiązaniem.

<http://solarenergysystems.baywa-re.com/de/montagesysteme/novotegra>

