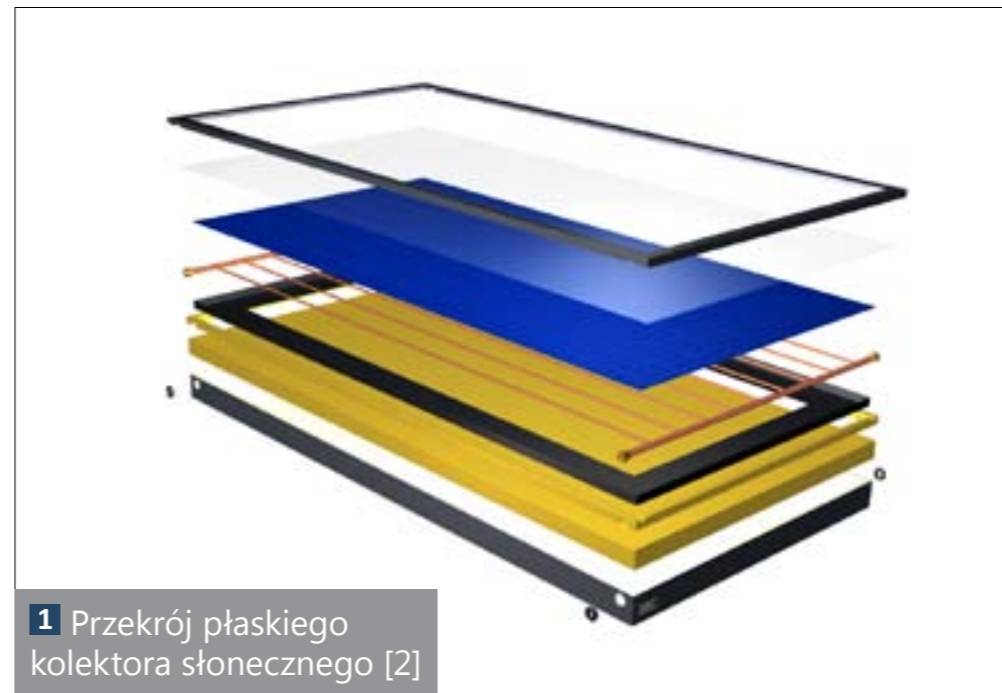


► Ireneusz Jeleń

Trendy rozwoju, nowe i tradycyjne technologie, statystyki rynkowe

Kolektory słoneczne płaskie – wczoraj i ...dziś

Kolektory słoneczne są urządzeniami narażanymi na trudne warunki pracy. Podlegają one zarówno działaniu czynników wewnętrznych (po stronie instalacji solarnej), jak i zewnętrznych (z otoczenia). Materiały użyte do ich budowy oraz zastosowane technologie produkcji, odgrywają decydującą rolę w zachowaniu trwałości i sprawności w przewidywanym minimum 20-25-letnim okresie eksploatacji (rys. 1).



1 Przekrój płaskiego kolektora słonecznego [2]

■ Trendy w budowie kolektorów słonecznych

Producenci kolektorów słonecznych dokonując zmian w swoich produktach, wdrażają nowe materiały i rozwiązania techniczne, które w znacznej mierze mają zapewniać uzyskiwanie niższych kosztów produkcji. Jednocześnie dąży się do zachowania parametrów urządzeń na porównywalnym poziomie lub ich podwyższenia.

Szyby z pokryciem antyrefleksyjnym – ich zastosowanie jest przykładem rozwiązania podwyższającego sprawność kolektora słonecznego. O ile takie rozwiązanie kilka lat temu wiązało się ze znacznym zwiększeniem ceny kolektora, to obecnie ceny szyb tego typu uległy obniżeniu. Sprawność optyczna kolektora słonecznego może zostać podwyższona o około 3÷4% w porównaniu do wariantu zastosowania tradycyjnego szkła najwyższej klasy przepuszczalności promieniowania słonecznego U1. Szkło antyrefleksyjne należy jednak cały czas do nowych tech-

Rynek i ceny kolektorów płaskich a próżniowych

Według ostatnich danych organizacji ESTIF [1], udział kolektorów płaskich w rynku krajów EU-27 wyniósł 90,1% w roku 2011. Rynek europejski jest zdominowany przez kolektory płaskie, które pod względem efektu ekonomicznego odniesionego do kosztów inwestycyjnych, zapewniają najkorzystniejsze rezultaty.

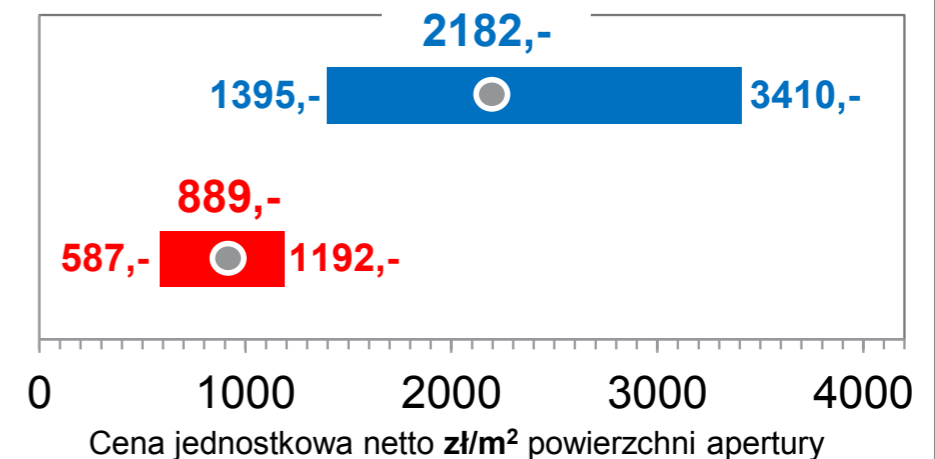
Średnia cena kolektora próżniowego, w porównaniu do płaskiego jest 2,5-krotnie wyższa, w przeliczeniu na powierzchnię apertury. Średnia rynkowa cena kolektora płaskiego wynosi około 889 PLN/m², a próżniowego 2182 PLN/m² netto [rys. 2]. Nie zawsze za wyższą ceną idzie w parze

wyższa sprawność i wydajność kolektora próżniowego. Jeśli porównać cenę zakupu kolektora do jego wydajności (PLN/W), to okazuje się, że różnica może być ponad 5-krotna. Ciepło uzyskiwane z kolektorów płaskich jest więc znacznie tańsze niż z kolektorów próżniowych. Dzięki temu mogą być osiągnięte wyraźnie krótsze okresy zwrotu kosztów inwestycji związanej z zakupem instalacji solarnej.

O celowości zastosowania kolektora próżniowego można mówić wówczas, gdy może on zapewnić wyraźnie wyższe efekty pracy niż kolektor płaski. W praktyce oznacza to konieczność stosowania rur próżnio-

Kolektory próżniowe

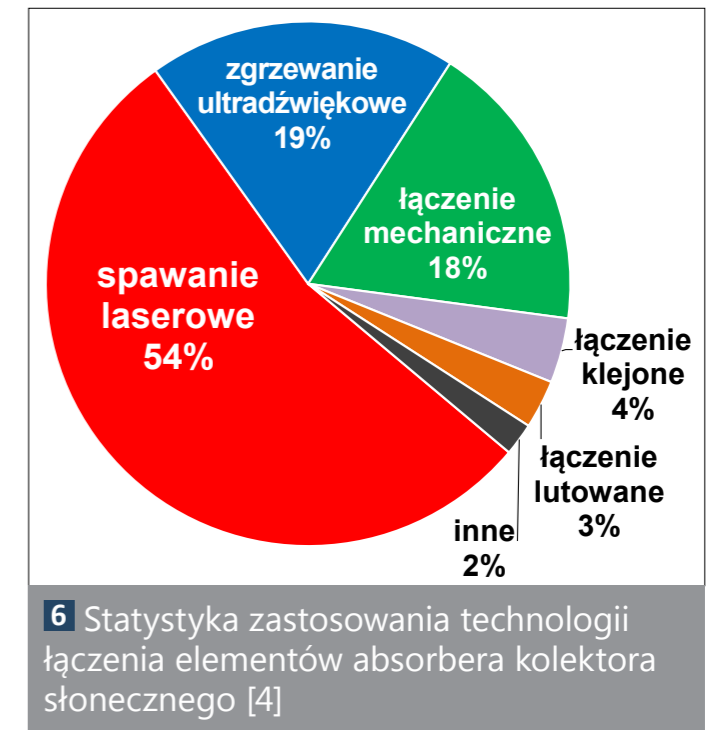
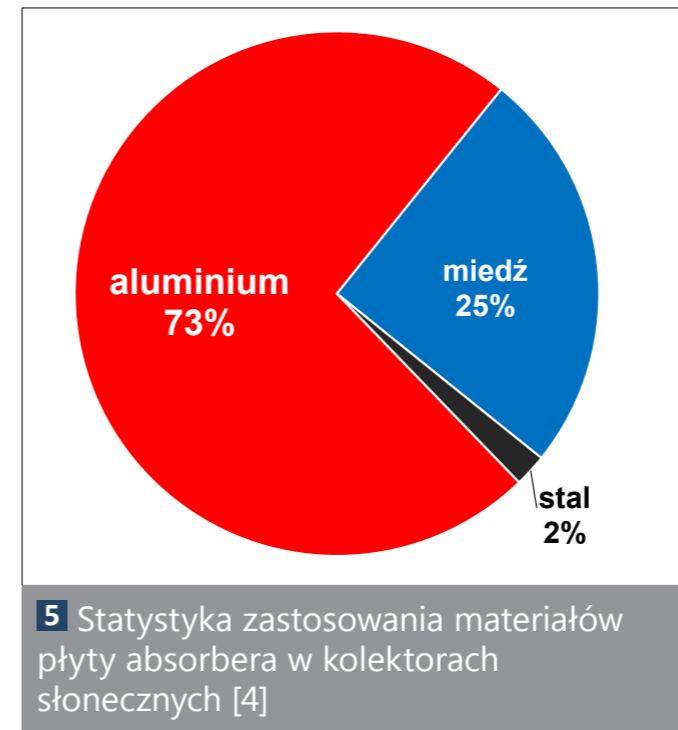
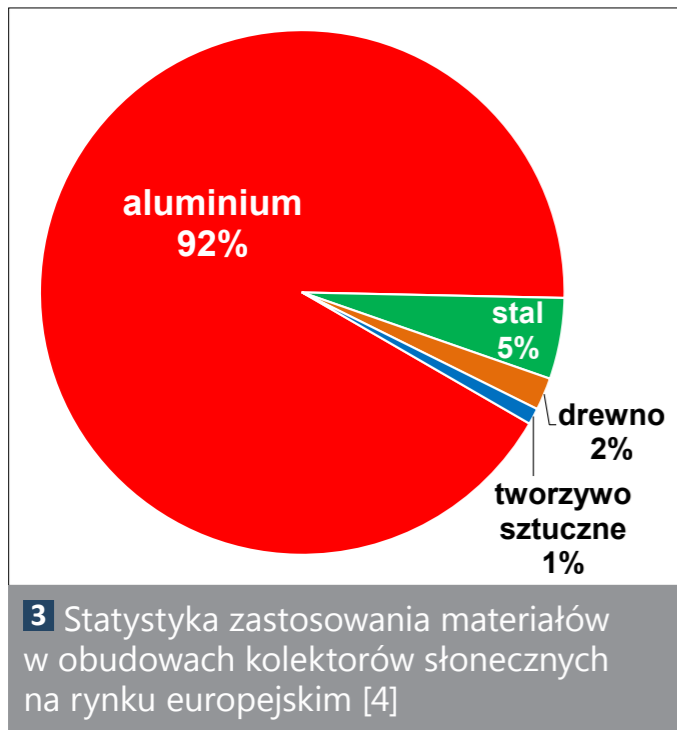
Kolektory płaskie



2 Porównanie cen jednostkowych netto zakupu kolektorów słonecznych w odniesieniu do powierzchni czynnej absorbera (tzw. apertury) – zakresy cen oraz wartości średnie [3]

wych pojedynczo przeszklonych. Podwójne rury próżniowe („rura w rurze”, „termos”) osiągają wyraźnie niższe sprawności optycz-

ne w porównaniu do kolektorów płaskich i jedynie w specyficznych warunkach pracy mogą osiągać wyższe wydajności cieplne.



nologii, dla której trwałość można jedynie oceniać na drodze badań laboratoryjnych, a nie na podstawie pracujących od wielu lat kolektorów tego typu. Według danych statystycznych [4], obecnie 11% kolektorów słonecznych wykorzystuje w swojej konstrukcji szyby z powłokami antyrefleksyjnymi.

Aluminium. W ostatnich kilkunastu latach, aluminium zaczęło być dominującym materiałem używanym do budowy kolektorów słonecznych. Najpierw znalazło ono zastosowanie w obudowach, dzięki takim cechom, jak m.in.: wysoka sztywność przy niskim ciężarze właściwym, odporność na warunki atmosferyczne oraz stosunkowo niska cena surowca. Według oficjalnych statystyk, aż 92% kolektorów słonecznych ma obudowę wykonaną z aluminium (rys. 3).

Zastosowanie aluminium systematycznie zwiększało się w kolejnych latach, a kolejnym krokiem było wprowadzenie go do budowy absorberów, zastępując nim tradycyjną miedź.

Jeszcze w latach 1998-2003, cena miedzi była nieznacznie tylko wyższa od aluminium. W kolejnych latach następował znaczny jej wzrost, a różnica w stosunku do ceny aluminium, zaczęła sięgać 4-krotnej różnicy. Utrzymanie korzystnych cen kolektorów słonecznych stało się więc trudne wobec faktu, że przeciętnie koszt absorbera w całkowitym koszcie wytworzenia kolektora płaskiego stanowi niemal połowę wartości (rys. 4).

Rodzaje absorberów ze względu na użyte materiały

Aktualnie standardem rynkowym stały się absorbery z zastosowaniem aluminiowej blachy i miedzianego orurowania (typ Aluminium-Miedź). Według statystyk (rys. 5), aż 73% oferowanych na rynku europejskim kolektorów ma absorbery wykonane z blachy aluminiowej. Kolektory z absorberami wykonanymi całkowicie z miedzi (Miedź-Miedź) stanowią jedynie 1/4 rynku.

Absorbery typu Aluminium-Miedź będące obecnie standardem rynkowym obniżają o około 20÷30% cenę kolektora w porównaniu do zastosowania absorbera typu Miedź-Miedź.

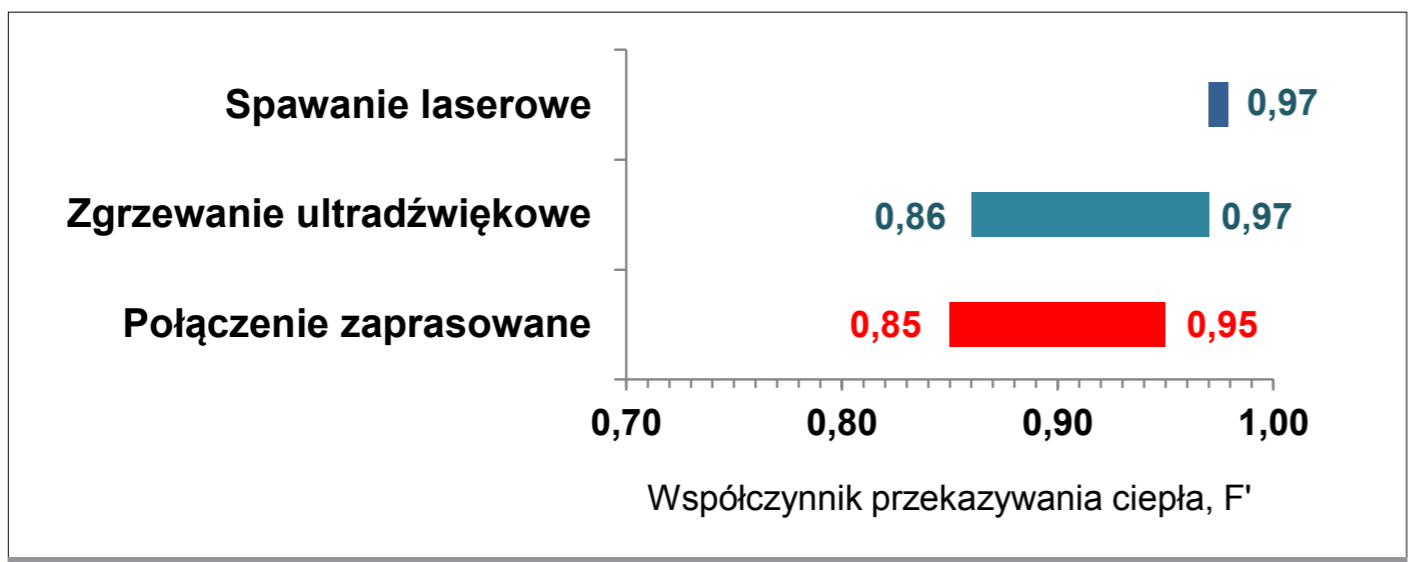
Nowym trendem w budowie absorberów stało się wykorzystanie aluminium także do wykonania orurowania. Dzięki temu koszt absorbera typu Aluminium-Aluminium mógł ulec dalszemu obniżeniu, zwiększając atrakcyjność inwestycji. Z punktu widzenia wykonania absorbera łączenie płyty i orurowania wykonanych z jednakowego materiału jest korzystne ze względu na ich jednakowe cechy fizyczne, brak ryzyka korozji między materiałami, warto też uwzględnić tutaj aspekt łatwiejszego recyklingu w przyszłości. Zastosowanie aluminiowego orurowania absorbera zmienia jednak wymagania montażowe dla instalacji solarnej, gdyż należy wtedy stosować elementy wykonane z materiałów neutralnych dla aluminium.

Według statystyk [4] standardem dla 71% ko-

lektorów słonecznych jest wytwarzanie absorberów z jednego arkusza blachy, cały czas jednak 29% absorberów wytwarza się z większej ilości blach, np. w formie pasów.

Technologie wytwarzania absorberów

łączenie dwóch różnych materiałów w absorberze wymusiło na producentach konieczność wprowadzania nowych technologii łączenia płyty z orurowaniem. Stosunkowo najnowszymi są technologie zgrzewania ultradźwiękowego oraz spawania laserowego. Za tradycyjne można uznać łączenie mechaniczne (np. zawalcowanie) lub lutowanie. Najszersze zastosowanie znajduje obecnie technologia spawania laserowego, którą można znaleźć w 54% kolektorów na rynku europejskim (rys. 6). Jego rozpowszechnienie można zawdzięczać standardowi zastosowania do budowy absorberów dwóch różnych materiałów: aluminium i miedzi.



7 Współczynnik przekazywania ciepła F' pomiędzy płytą a orurowaniem absorbera, w zależności od technologii łączenia. Badanie wykonano dla 21 absorberów w Instytucie SPF Rapperswil [6], wykres wskazuje na zakresy zmierzonych współczynników F' dla absorberów przy natężeniu przepływu czynnika grzewczego 60 l/h



8 Selektywne pokrycia absorberów: typu PVD (z lewej) oraz na bazie czarnego chromu (z prawej) [2]

Technologia spawania laserowego zapewnia wysoką wytrzymałość mechaniczną połączenia, a jednocześnie nie powoduje nadmiernej deformacji płyty absorbera, gdyż odbywa się całkowicie bez nacisków. Jest przede wszystkim stosowane do łączenia dwóch różnych materiałów – aluminium i miedzi. Zgrzewanie ultradźwiękowe jest stosowa-

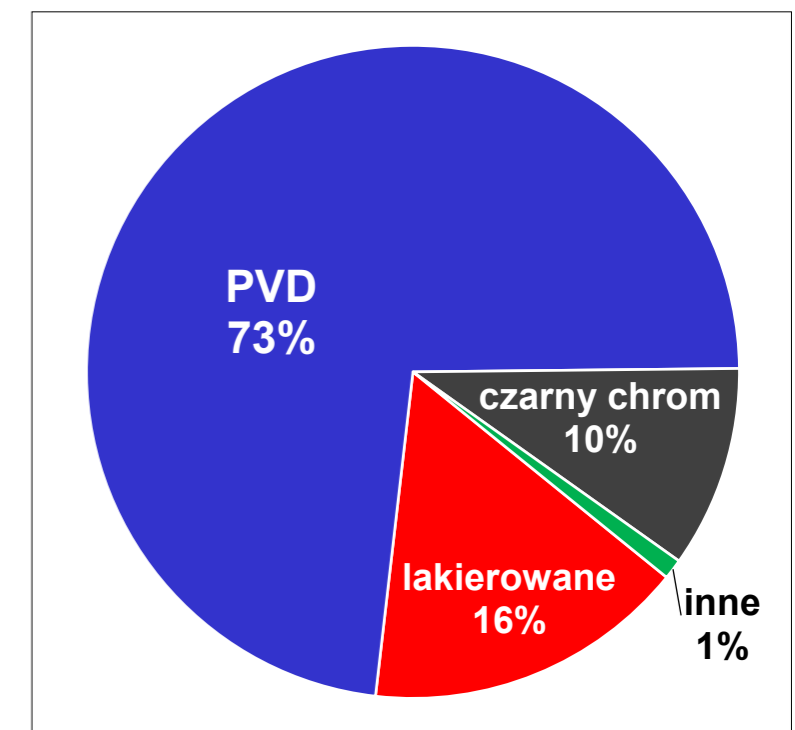
ne przez producentów zarówno absorberów typu Aluminium-Miedź, jak i Miedź-Miedź. Przede wszystkim jednak rozwój tej technologii wiązał się z korzyściami łączenia tego samego materiału, gdyż odbywa się ono na poziomie cząsteczkowym („zatarcie” materiałów). Miedź jako materiał plastyczny pozwala w łatwy sposób, łączyć trwale wykonane z niej elementy. Zarówno technologia

spawania laserowego, jak i zgrzewania ultradźwiękowego nie wymaga stosowania dodatkowego spoiwa, a przekazywanie ciepła odbywa się przez rodzimy materiał płyty i orurowania. Połączenia lutowane z zastosowaniem spoiwa wymagają z kolei zwiększenia powierzchni kontaktu płyty i orurowania, wobec czego blacha (płyta) przylega na większej powierzchni do orurowania. Istotny jest jednak fakt, że w badaniach (rys. 7) technologie łączenia absorberów bez dodatkowego spoiwa, zapewniały najwyższe współczynniki przekazywania ciepła F'. „Owijanie” blachy o orurowanie nie stanowi przewagi technicznej wobec pozornie „punktowych” technologii łączenia spawania laserowego czy też wobec zgrzewania ultradźwiękowego.

Selektywne pokrycia absorberów

Pokrycie absorbera (rys. 8) decyduje w znaczącym stopniu o sprawności kolektora słonecznego, odpowiadając za absorpcję promieniowania słonecznego (α) i emisję ciepła (ϵ). Istotna dla zachowania sprawności kolektora słonecznego w całym minimum 20-25-letnim okresie eksploatacji jest trwałość pokrycia absorbera – niezmiennosc parametrów (α , ϵ) w czasie oraz odporność na oddziaływanie otoczenia. Obecny standard rynkowy stanowią absorbery pokrywane tzw. warstwami PVD (ceramiczno-metalicznymi), określanymi potocznie „niebieskimi” (blue coating, blaue Beschichtung). Określenie PVD pochodzi od nazwy technologii wytwarzania warstw Physical Vapor Deposition, która opiera się o złożone procesy krystalizacji powłok w otoczeniu próżni. Na rynku europejskim funkcjonuje kilku producentów specjalizujących się w se-

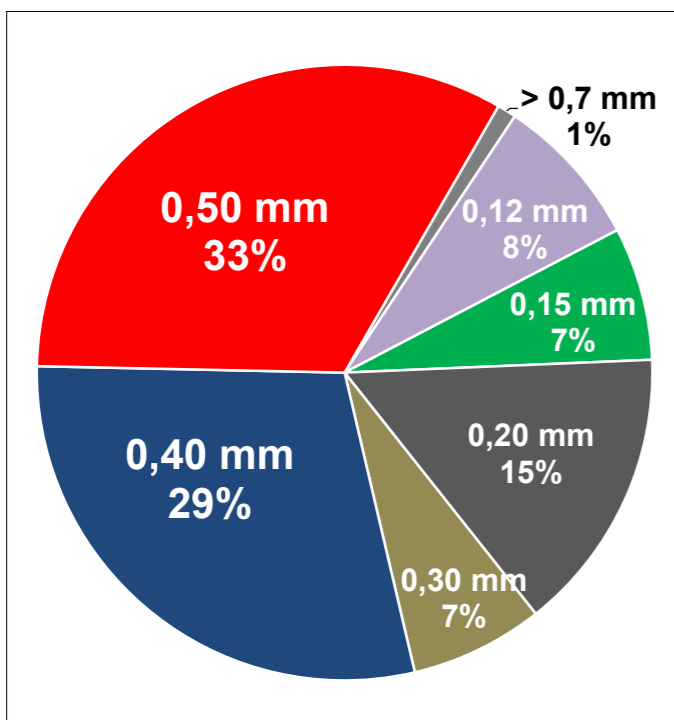
ryjnej wielkoskalowej produkcji warstw PVD. Producenci kolektorów słonecznych zakupują gotowe role lub arkusze blach miedzianych lub aluminiowych pokrywanych warstwą typu PVD, które następnie wykorzystują do produkcji kompletnych absorberów. Aż 73% kolektorów na rynku europejskim ma absorbery pokrywane warstwami PVD (rys. 9). Cały czas istotny udział mają jeszcze absorbery z powłokami lakierowanymi i z czarnego chromu – łącznie około 26% udziału rynkowego. W warunkach środkowoeuropejskich i w tym także w Polsce, lakierowane absorbery nie są szerzej spotykaną technologią. Z kolei ważne miejsce zajmują cały czas kolektory z absorberami pokrywanymi czarnym chromem. O ile technologia produkcji PVD znana jest od około 15 lat, to wytwarzanie czarnego chromu jako warstwy absorbcyjnej – już od



9 Statystyka zastosowania warstw absorbcyjnych w absorberach kolektorów słonecznych [4]



10 Absorber typu Miedz-Miedz (z lewej strony) i Aluminium-Miedz (z prawej) [2]



11 Statystyka zastosowania grubości blach w absorberach kolektorów słonecznych [4]

około 40 lat. Produkcja tego typu absorberów ma charakter jednostkowy w procesach galwanizacji. Ponadto producenci warstw typu PVD podkreślają niższą energochłonność ich produkcji i łatwiejsze do zachowania standardy ochrony środowiska. Jednak

badania, jakie przeprowadzono w ośrodkach ITW Stuttgart oraz IZT Berlin [7], potwierdziły szczególne cechy czarnego chromu – zachowanie niezmiennych parametrów w całym okresie eksploatacji (trwałość określono pojęciem „bezterminowa”) oraz najwyższą odporność na korozyjne działanie środowiska. Niektórzy producenci traktują wersję kolektora z absorberem pokrywanym czarnym chromem jako wersję specjalną, wymaganą do stosowania w środowisku o podwyższonym działaniu korozyjnym (np. w rejonach nadmorskich). Z racji podwyższonych kosztów wytwarzania, jednostkowemu charakterowi produkcji, a także wobec wymagania stosowania miedzianej blachy absorbera, technologia czarnego chromu nie będzie raczej stosowana w szerszej skali niż obecnie.

Jakie grubości płyty absorbera?

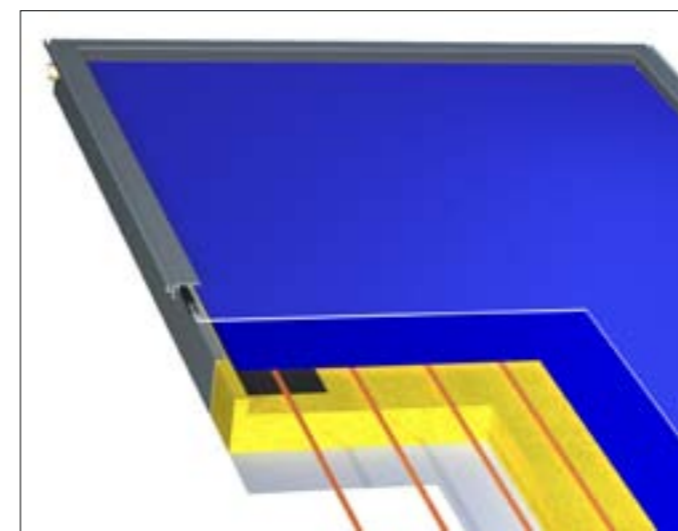
Producenci kolektorów słonecznych w tradycyjnych absorberach typu Miedz-Miedz (rys. 10), stosowali najczęściej blachę o grubości 0,20 mm. Według badań [6] była to optymalna grubość uwzględniająca kryteria zdolno-

ści przekazywania ciepła i kosztu materiału. Wprowadzenie aluminium do budowy absorberów wymusiło zwiększenie grubości blachy i obecnie standardem stała się grubość 0,40÷0,50 mm (rys. 11). Zwiększenie 2-krotnie grubości blachy aluminiowej wynikało m.in. z potrzeby zrekomensowania jej blisko 2-krotnie niższej przewodności cieplnej w porównaniu do miedzi. Także technologia spawania laserowego wymusiła stosowanie grubszej blachy, ze względu na zwiększone obciążenia cieplne w miejscach łączenia, gdzie następuje przetopienie materiałów przez wiązkę lasera.

Izolacja cieplna obudowy kolektora – jakie materiały i grubości?

Izolacja cieplna kolektorów płaskich przeznaczonych dla środkowoeuropejskich warunków klimatycznych, jest stosowana zarówno do izolowania dna, jak i ścianek bocznych obudowy (rys. 12). Dane statystyczne [4] wskazują, że 80% kolektorów ma obudowę z izolacją bocznych ścianek o grubości 20 lub 25 mm.

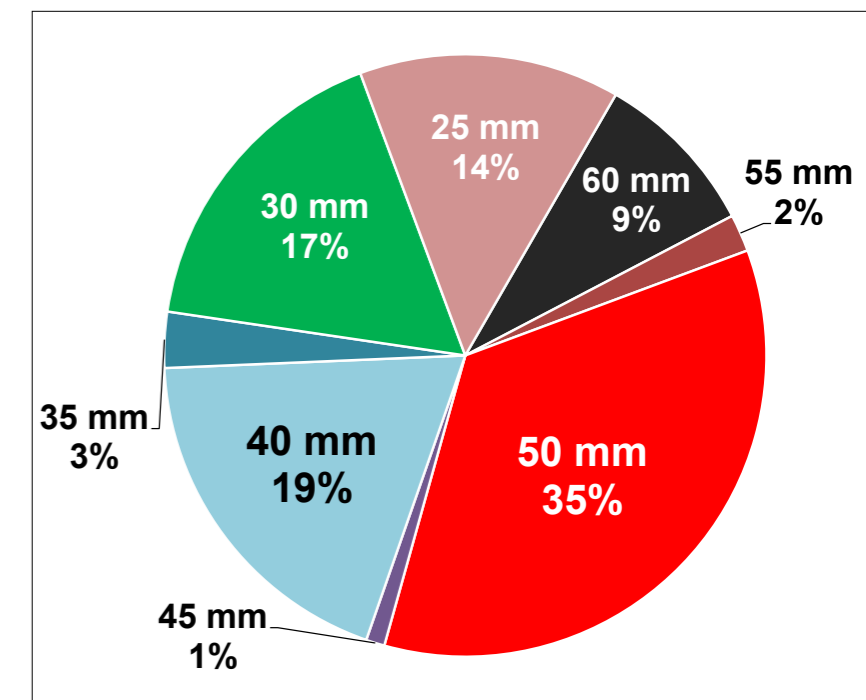
Izolacja cieplna dna obudowy kolektora słonecznego najczęściej ma grubość od 40 do 50 mm (rys. 13). Spotyka się także na naszym rynku kolektory, w których grubość głównej



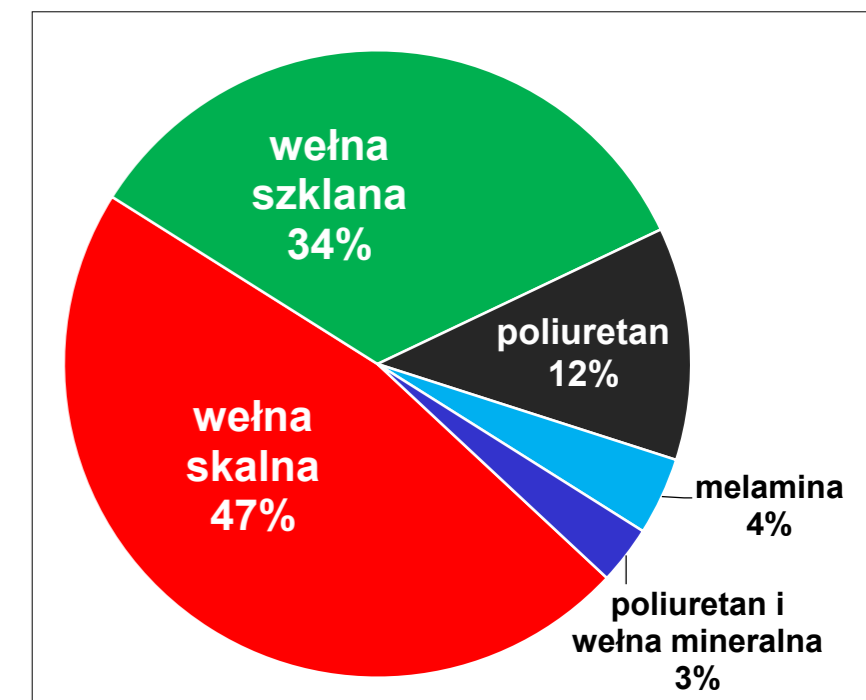
12 Przekrój kolektora płaskiego z izolacją dna i ścianek bocznych obudowy [4]

izolacji cieplnej obudowy wynosi nie więcej niż 30 mm.

Izolację cieplną obudowy najczęściej wykonuje się z wełny skalnej lub szklanej (rys. 14). Materiał izolacji powinien zawierać minimalną ilość środków klejących, aby uniknąć

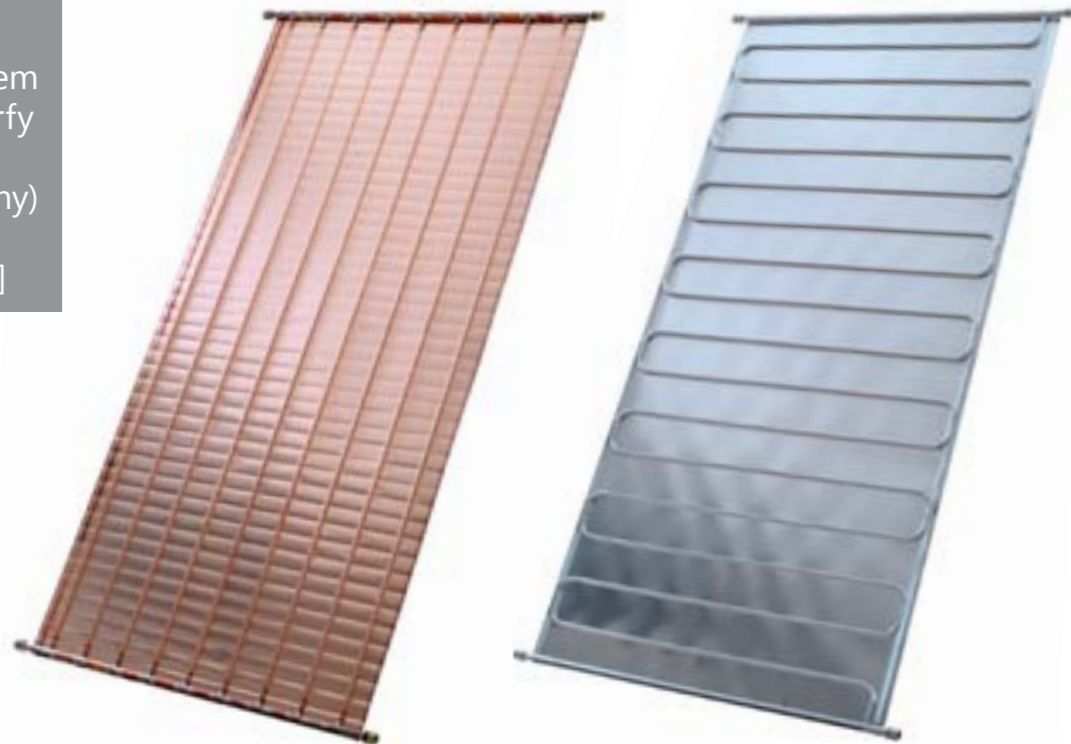


13 Statystyka zastosowania grubości izolacji cieplnej dna obudowy kolektora słonecznego [4]



14 Statystyka zastosowania materiału izolacji cieplnej w obudowach kolektorów słonecznych [4]

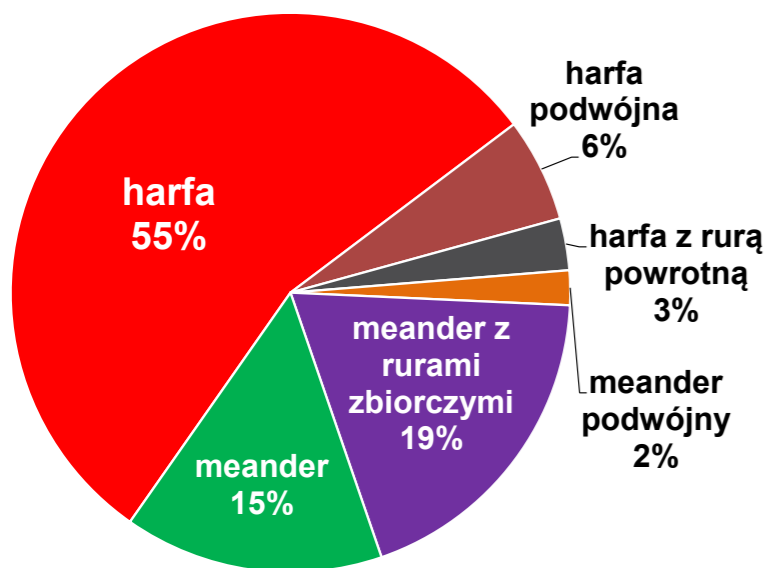
15 Przykład absorbera z orurowaniem w formie harfy pojedynczej (z lewej strony) i meandra (z prawej) [2]



możliwości wydostawania się ich i osadzania na absorberze i szybie w trakcie wieloletniej eksploatacji.

Układ hydrauliczny kolektora

Jedną z głównych cech różniących kolektory słoneczne, stanowi układ orurowania absorbera. Dwa podstawowe typy, dla których następnie rozróżnia się warianty konstrukcji, to układ harfowy i meandrowy (rys. 15). Ponad połowa (55%) kolektorów ma pojedynczy harfowy układ orurowania absorbera (rys. 16). Z kolei łącznie 34% absorberów cechuje się meandrowym układem orurowania, z czego 15% absorberów nie ma rur zbiorczych, wymagając łączenia w baterie przy zastosowaniu przewodów prowadzonych na zewnątrz kolektorów. Kolektory słoneczne znajdują się w ofercie kilkudziesięciu dostawców, wśród których znaleźć można zarówno producentów, importerów, jak i dystrybutorów. Poza porównywaniem parametrów stricte technicznych, dla takich urządzeń, jakimi są kolektory słoneczne, istotne powinno być także uzyskanie



16 Statystyka rodzaju układu hydraulicznego orurowania w absorberze kolektora słonecznego [4]

Trendy rozwoju w telegraficznym skrócie

Trendy, jakie można zaobserwować w skali całego rynku europejskiego kolektorów słonecznych, to przede wszystkim:

- zwiększanie udziału aluminium w budowie kolektora (standard rynkowy – obudowa aluminiowa i absorber typu Aluminium-Miedź);
- zwiększanie udziału w rynku dla szkła strukturyzowanego i czystego;
- popularyzacja zastosowania szkła z warstwami antyrefleksyjnymi (AR);
- popularyzacja zastosowania spawania laserowego w produkcji absorberów (z uwagi na standard rynkowy – absorbery Aluminium-Miedź);
- zmniejszenie zastosowania zgrzewania ultradźwiękowego (z uwagi na spadek zastosowania miedzi do produkcji absorberów);

- rosnący udział szkła o grubości 3,2 mm, w miejsce szkła 4,0 mm;
- marginalizacja zastosowania poliuretanu w produkcji izolacji cieplnej obudów.

Rynek kolektorów słonecznych według ostatnich danych organizacji ESTIF [1] w roku 2011, ogółem w krajach grupy EU-27 zmniejszył się nieznacznie, bo o -1,3% w stosunku do roku 2010. Było to wynikiem odwrócenia trendu w kilku krajach takich, jak np. Austria (-17,8%), Włochy (-15,3%), czy Hiszpania (-20,7%). Jednak w krajach, w których rynki energetyki słonecznej można uznać za rozwijające się, obserwuje się znaczne wzrosty sprzedaży. Należy do nich także rynek polski, który łącznie z obecnym rokiem, notuje 2-cyfrowe wzrosty sprzedaży.

informacji takich, jak okres gwarancji w połączeniu z zapisami w karcie gwarancyjnej ograniczającymi ewentualne roszczenia użytkownika oraz wprowadzającymi dodatkowe przeglądy, czy też inne płatne czynności. Ważną informację dla przyszłego użytkownika instalacji powinno być także doświadczenie producenta/dostawcy i stabilna pozycja na rynku pozwalająca zakładać, że zachowana będzie w przyszłości opieka serwisowa i gwarancyjna.

Literatura:

[1] Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2011, ESTIF 06.2012 (estif.org)

[2] Fotografie z zasobów firmy Hewalex

[3] Materiały ze strony Solarblog.pl

[4] „More automation more adhesives”, Sun & Wind Energy 7/2012

[5] „Kunststoffe in solarthermischen Kollektoren – Anforderungsdefinition, Konzeptentwicklung und Machbarkeitsbewertung”, Hochschule Ingolstadt 2011

[6] „Bestimmung des Kollektorwirkungsgradfaktors F' an flüssigkeitsführenden Solarabsorbern”, SPF Rapperswil

[7] „Umweltstandards für thermische Solarkollektoren unter besonderer Berücksichtigung der selektiven Beschichtung ihrer Absorberoberflächen”, IZT Berlin 2009