

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239610**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419207**

(51) Int.Cl.
B32B 5/18 (2006.01)
E04B 1/14 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **21.10.2016**

(54) **Płyta trójwarstwowa z rdzeniem wykonanym z kompozytu zbudowanego z naprzemiennie ułożonych pasm auksetycznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
23.04.2018 BUP 09/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
20.12.2021 WUP 38/21

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
HUBERT JOPEK, Swarzędz, PL
TOMASZ STRĘK, Gniezno, PL

PL 239610 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest płyta trójwarstwowa z rdzeniem wykonanym z dwufazowej struktury kompozytowej. Przez płytę rozumie się tu element konstrukcyjny (bryła), którego jeden z wymiarów (grubość) jest znacznie mniejszy od dwóch pozostałych. Płyta trójwarstwowa składa się z trzech warstw: dwóch warstw zewnętrznych (okładzin) oraz warstwy rdzenia, przy czym rdzeń może składać się z dwóch lub większej liczby pasm. Każde z pasm kompozytu jest auksetykiem, co oznacza, że charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem Poissona w co najmniej jednym kierunku głównym. Takie płyty warstwowe, wykorzystywane są szeroko przede wszystkim w przemyśle budowlanym i składają się z rdzenia wykonanego z metalu, najczęściej ze stali, gdyż jest to materiał o dużej sztywności a więc wysokim module Younga. Jako okładziny natomiast można wykorzystać typowy materiał wykorzystywany do produkcji płyt warstwowych lub inny charakteryzujący się sztywnością tego samego rzędu np. blacha stalowa czy zbrojny laminat.

Materiały charakteryzujące się ujemnym współczynnikiem Poissona nazywane są auksetykami i są obiektem intensywnych badań od lat osiemdziesiątych dwudziestego wieku – Lim T.-C., *Auxetic Materials and Structures* (Springer, Singapore, 2015). Z opisów patentowych znane jest zastosowanie tych materiałów w urządzeniach absorbujących drgania oraz tłumiących dźwięk US 2012/315456A1. Znany jest również wpływ struktury auksetycznej na zwiększoną sztywność materiału poddanego obciążeniu. Przedstawione w literaturze przedmiotu struktury auksetyczne charakteryzują się tym, że nie są wypełnione materiałem stałym w całej swojej objętości. Najczęściej są to struktury o charakterze zbliżonej do kratownicy lub plecionki, w której znajduje się pusta przestrzeń (domyślnie wypełniona powietrzem). W szczególności znane są również kompozyty dwufazowe, które składają się z plastikowej osnowy oraz zbrojenia w postaci przestrzennej struktury (kratownicy/plecionki) auksetycznej US 8652602 B1. Znane są również materiały, w których uzbrojeniem jest płaska struktura auksetyczna US 8652602 B1. Znane są wyniki badań symulacyjnych dotyczących materiałów kompozytowych, w których jedna z faz jest materiałem o ujemnym współczynniku Poissona lub dwufazowych materiałów auksetycznych, co ujawniają publikacje: Streck, T., Jopek, H., Maruszewski, B. T. and Nienartowicz, M. (2014), Computational analysis of sandwich-structured composites with an auxetic phase. *Phys. Status Solidi B*, 251: 354–366. doi: 10.1002/pssb.201384250; Streck, T., Jopek, H. and Nienartowicz, M. (2015), Dynamic response of sandwich panels with auxetic cores. *Phys. Status Solidi B*, 252: 1540–1550. doi: 10.1002/pssb.201552024; Streck, T., Jopek, H. and Idczak, E. (2016), Computational design of two-phase auxetic structures. *Phys. Status Solidi B*. doi: 10.1002/pssb.201600120; Jopek, H. and Streck, T. (2015), Thermal and structural dependence of auxetic properties of composite materials. *Phys. Status Solidi B*, 252: 1551–1558. doi: 10.1002/pssb.201552192.

Znane materiały auksetyczne wykazują ujemny współczynnik Poissona we wszystkich kierunkach lub w wybranych np. tylko wzdłuż jednego kierunku lub w jednej płaszczyźnie.

Materiały kompozytowe to bardzo popularne rozwiązania stosowane np. w konstrukcjach budynków (w szczególności hal produkcyjnych i magazynowych), w konstrukcjach zbiorników, w poszyciach samolotów, kadłubów łodzi, i wielu innych. Znanych jest wiele konstrukcji kompozytowych różniących się od siebie zarówno ilością i rodzajem użytych materiałów, jak i geometrią samej struktury – co wskazują chociażby opisy patentowe US 2014/0101816, US 2013/0284732, US 2006/0129227.

Istotą wynalazku jest konstrukcja płyty trójwarstwowej z rdzeniem wykonanym z kompozytu zbudowanego z naprzemiennie ułożonych pasm auksetycznych, co oznacza, że każde z pasm rdzenia charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem Poissona w co najmniej jednym kierunku w płaszczyźnie przekroju płyty. Rdzeń płyty trójwarstwowej zbudowany jest z co najmniej dwóch pasm.

Poszczególne pasma rdzenia są obrócone względem siebie o zadany kąt $\beta \in (0, \pi/2)$.

Kompozyt jest w całej swej objętości wypełniony materiałami, bez pustych przestrzeni (pomijalne są tutaj defekty wypełnienia oraz pory występujące w materiale osnowy, którym mogą być materiały porowate takie jak spieniany poliuretan, polistyren, poliizocyanurat itp.). W tym przypadku rdzeń kompozytu w całej objętości wypełniony jest jednym z dwóch materiałów, przy czym moduły Younga użytych materiałów różnią się od siebie w taki sposób, że materiał zbrojenia charakteryzuje się co najmniej stukrotnie wyższą wartością modułu Younga niż materiał osnowy.

Korzystnym rozwiązaniem według wynalazku jest kiedy struktura uzbrojenia rdzenia pasma akustycznego ma kształt zapewniający właściwości auksetyczne, co oznacza, że wymiar charakterystyczny H jest mniejszy niż wymiar B, zaś wymiar B jest mniejszy niż wymiar A.

Wynalazek w przykładzie realizacji przedstawiono na rysunku, na którym fig. 1 i fig. 2 prezentują geometrię płyty trójwarstwowej. Rdzeń płyty trójwarstwowej 3 umieszczony pomiędzy okładzinami 1 i 2 jest zbudowany z pasm. Pasma, które tworzą rdzeń przedstawione na fig. 3 zbudowane są z materiału periodycznego. Oznacza to, że materiał pasm składa się z komórek elementarnych powtarzających się w płaszczyźnie X-Y. Pojedyncza komórka nie zmienia swej geometrii wzdłuż trzeciego wymiaru: Z. Rdzeń płyty trójwarstwowej może składać się z dowolnej liczby takich pasm. Wariant płyty, w której wszystkie pasma zbudowane są z układu 2×20 komórek elementarnych w płaszczyźnie X-Y przedstawiony został na fig. 4.

Rdzeń płyty trójwarstwowej składa się z co najmniej dwóch pasm, przy czym pasma są obrócone względem siebie o kąt $\beta \in (0, \pi/2)$. Szczególnie korzystny wariant rdzenia składa się z trzech pasm gdzie pasmo środkowe jest obrócone względem dwóch pozostałych pasm o kąt $\pi/2$. Taki wariant zaprezentowany jest na fig. 1, fig. 2 i fig. 4.

Komórka elementarna rdzenia płyty trójwarstwowej przedstawiona została na fig. 5 i fig. 6. Rdzeń płyty składa się z dwóch materiałów, przy czym zbrojenie 4 wykonane jest z materiału o dużej sztywności (wysoki moduł Younga – E1), podczas gdy drugi materiał (osnowa) 5 jest podatny i charakteryzuje się zdecydowanie niższymi wartościami modułu Younga E2. Korzystne jest, aby stosunek modułów Younga obydwu materiałów $E1/E2 > 100$. Materiałem E1 może być stal podczas gdy E2 wełna mineralna, styropian, pianka poliuretanowa lub poliizocyanuranowa. Materiał okładzin może być dowolnym materiałem o wysokiej sztywności np. może być tym samym materiałem co materiał zbrojenia rdzenia płyty.

Płyta trójwarstwowa z rdzeniem z kompozytu auksetycznego zaproponowana w wynalazku charakteryzuje się wysoką sztywnością oraz dobrymi właściwościami tłumiącymi, co pozwala na zastosowanie jej w konstrukcji poszycia kadrubów oraz do budowy ścian i dachów hal budowanych w technologii wykorzystującej płyty warstwowe.

Zastrzeżenie patentowe

1. Płyta trójwarstwowa z rdzeniem umieszczonym pomiędzy dwoma okładzinami, **znamienna tym**, że rdzeń wykonany jest z kompozytu zbudowanego z naprzemiennie ułożonych co najmniej dwóch pasm auksetycznych, przy czym, każde z pasm rdzenia charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem Poissona w co najmniej jednym kierunku w płaszczyźnie przekroju płyty, nadto pasma akustyczne są obrócone względem siebie o kąt $\beta \in (0, \pi/2)$, a kompozytowy rdzeń w całej objętości wypełniony jest jednym z dwóch materiałów, przy czym moduły Younga użytych materiałów różnią się od siebie w taki sposób, że materiał zbrojenia charakteryzuje się co najmniej stukrotnie wyższą wartością modułu Younga niż materiał osnowy, przy czym struktura uzbrojenia pasm rdzenia ma kształt zapewniający właściwości auksetyczne, co oznacza, że wymiar charakterystyczny H jest mniejszy niż wymiar B, zaś wymiar B jest mniejszy niż wymiar A.

Rysunki

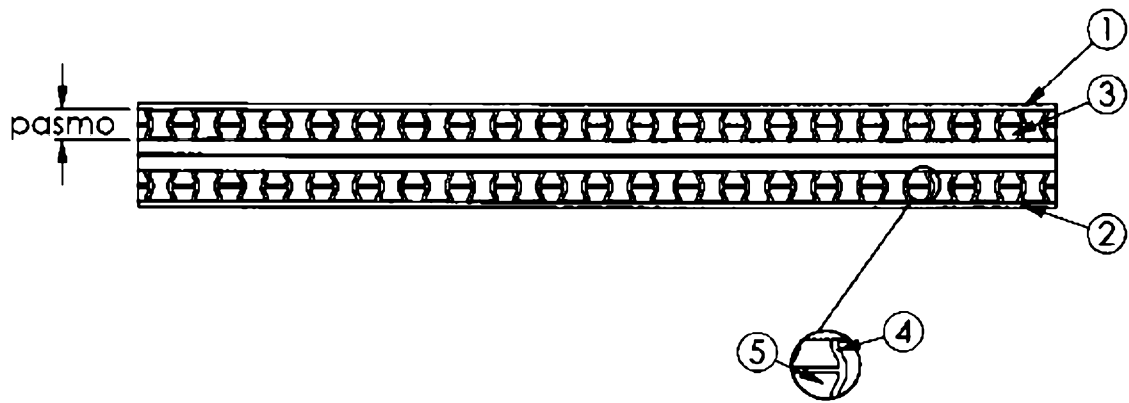


Fig. 1

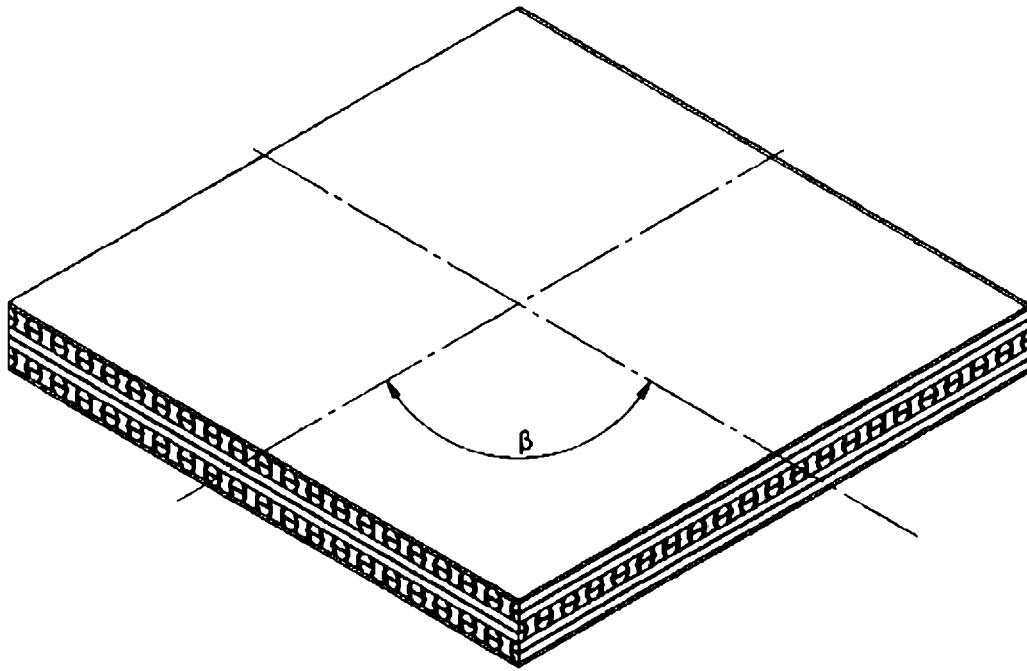


Fig. 2

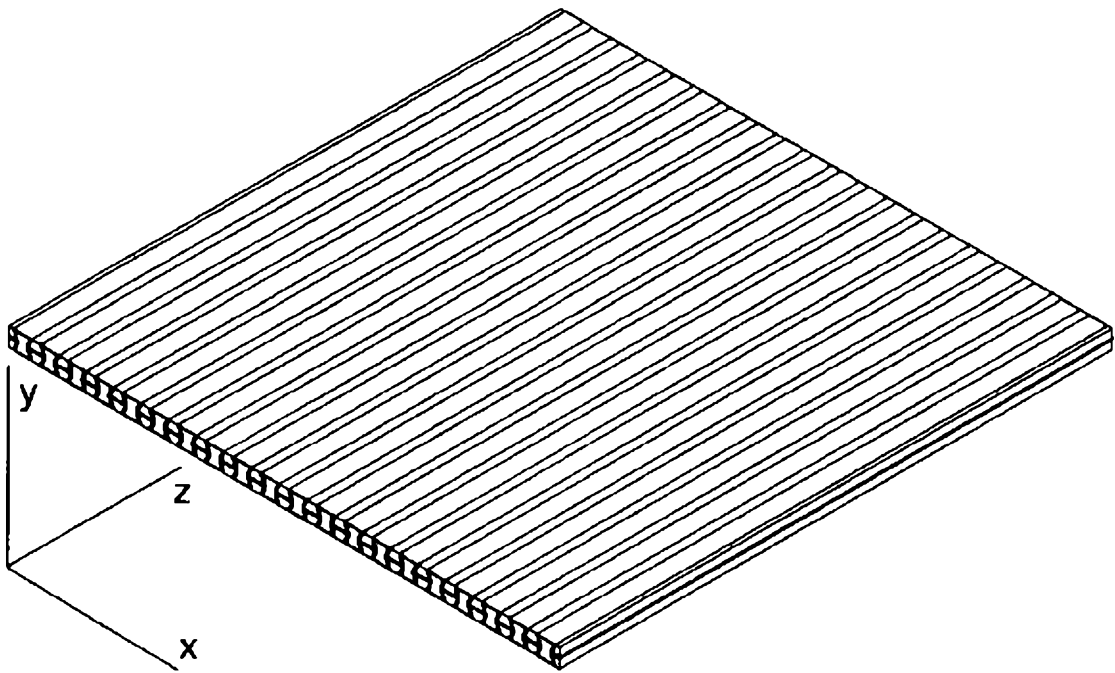


Fig 3

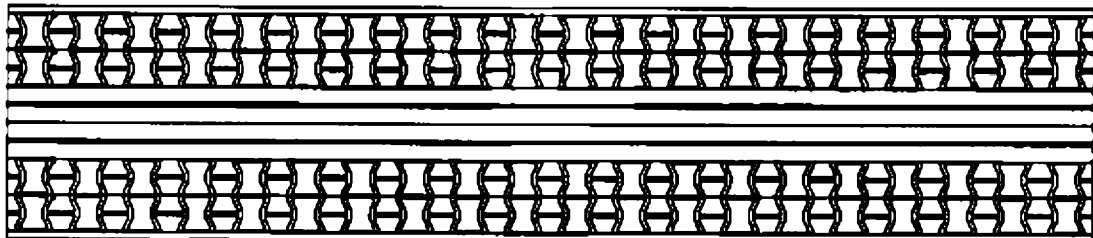


Fig 4

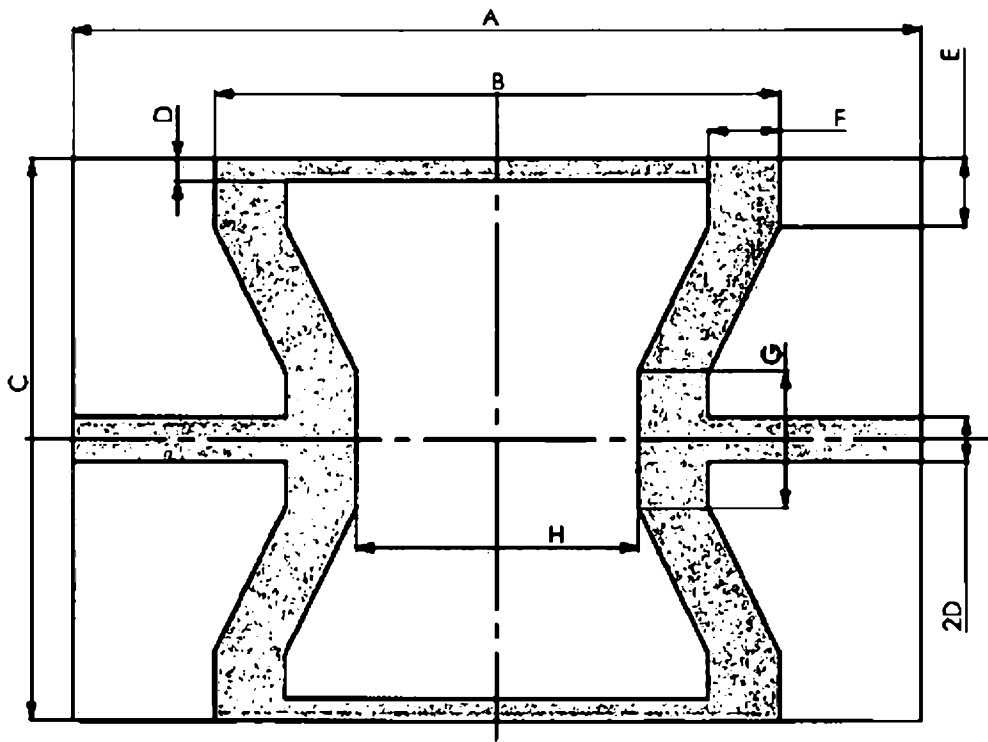


fig. 5

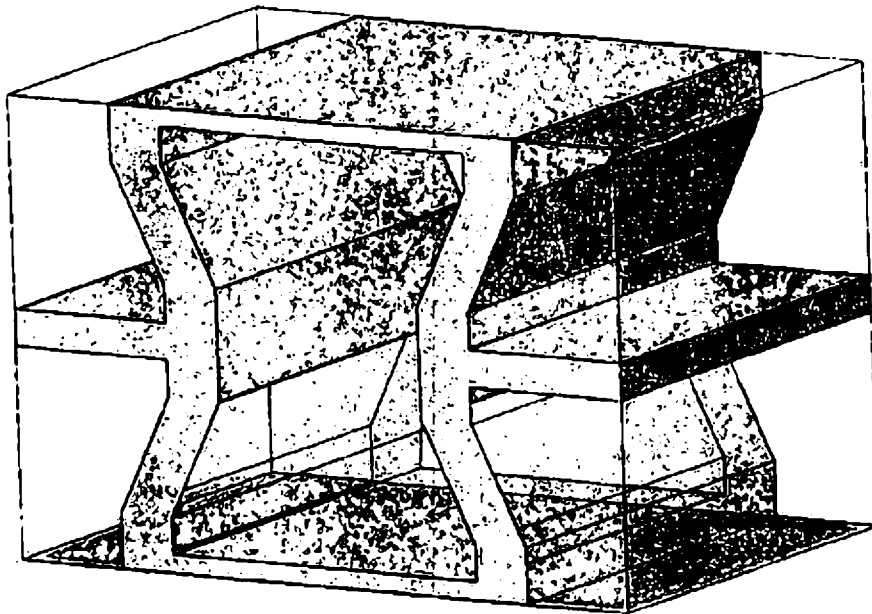


fig. 6