

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239608**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419205**

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

(22) Data zgłoszenia: **21.10.2016**

(54) **Płyta pięciowarstwowa z dwoma auksetycznymi rdzeniami o różnym ułożeniu**

(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 239608 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest płyta pięciowarstwowa z rdzeniami wykonanym z dwufazowej struktury kompozytowej charakteryzującej się ujemnym współczynnikiem Poissona w co najmniej jednym kierunku głównym. Przez płytę rozumie się tu element konstrukcyjny (bryła) którego jeden z wymiarów (grubość) jest znacznie mniejszy od dwóch pozostałych. Płyta pięciowarstwowa składa się z pięciu warstw: dwóch warstw zewnętrznych (okładzin) dwóch warstw rdzenia oraz warstwy rozdzielającej rdzenie, przy czym każdy z rdzeni może składać się z jednej lub większej liczby pasm.

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: Strek, 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; Strek, 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; Strek, 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 Strek, 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 pięciowarstwowej składającej się z dwóch warstw okładziny zewnętrznej oraz rozdzielającej dwie warstwy rdzenia warstwy wewnętrznej. Przy czym dwie warstwy rdzeniami wykonanymi z kompozytu auksetycznego, co oznacza, że rdzenie charakteryzują się ujemnym współczynnikiem Poissona w co najmniej jednym kierunku w płaszczyźnie przekroju płyty. Orientacja przestrzenna pasm w ramach jednego rdzenia jest taka sama, natomiast orientacja rdzeni jest różna to znaczy, że rdzenie są obrócone względem siebie w płaszczyźnie płyty o 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, poliiizocyanurat itp.). W tym przypadku każdy z rdzeni 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 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. Rdzenie płyty umieszczone są następująco: jeden rdzeń 4 pomiędzy okładziną 1 i warstwą rozdzielającą 3, natomiast drugi rdzeń 5 pomiędzy warstwą rozdzielającą 3 a okładziną 2. Auksetyczny kompozyt stanowiący materiał rdzeni jest materiałem periodycznym, w którym po-

jedynca komórka elementarna powtarza się w obydwu kierunkach przekroju poprzecznego rdzenia płyty tworząc pasma, nie zmienia natomiast swojego kształtu wzdłuż trzeciego wymiaru (długości płyty). Jedno pasmo, to część rdzenia w której pojedyncze komórki elementarne ułożone w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny płyty. Rdzeń płyty może składać się z dowolnej liczby takich pasm.

Orientacja przestrzenna pasm w ramach jednego rdzenia jest taka sama, natomiast orientacja rdzeni jest różna tzn. rdzenie są obrócone w płaszczyźnie płyty względem siebie o kąt $\beta \in (0, \pi/2)$. Korzystny wariant płyty pięciowarstwowej zbudowany jest w ten sposób, że rdzenie są obrócone względem siebie w płaszczyźnie płyty o kąt $\pi/2$. Taki wariant zaprezentowany jest na fig. 1, fig. 2.

Komórka elementarna rdzeni płyty pięciowarstwowej przedstawiona została na fig. 3 i fig. 4. Rdzenie płyty składają się z dwóch materiałów przy czym zbrojenie 6 wykonane jest z materiału o dużej sztywności (wysoki moduł Younga – E1 np. stal), podczas gdy drugi materiał (osnowa) 7 jest podatny i charakteryzuje się zdecydowanie niższymi wartościami modułu Younga E2. Korzystne jest, aby stosunek modułów Younga obydwu materiałów $E1/E2 > 100$. Materiał okładzin oraz warstwy rozdzielającej może być dowolnym materiałem o wysokiej sztywności np. może być tym samym materiałem co materiał zbrojenia rdzenia płyty.

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

Zastrzeżenie patentowe

1. Płyta pięciowarstwowa zbudowana z dwóch warstw okładziny zewnętrznej oraz rozdzielającej dwie warstwy rdzenia warstwy wewnętrznej, **znamienna tym**, że dwie warstwy rdzenia wykonane są z kompozytu auksetycznego przy czym orientacja przestrzenna pasm w ramach jednego rdzenia jest taka sama, natomiast orientacja rdzeni jest różna to znaczy, że rdzenie są obrócone względem siebie w płaszczyźnie płyty o kąt $\beta \in (0, |\pi/2|)$ nadto kompozytowe rdzenie w całej objętości wypełnione są jednym z dwóch materiałów, przy czym moduły Younga użytych materiałów różnią się od siebie w taki sposób, że materiał zbrojenia charakteryzuje się co najmniej stokrotnie wyższą wartością modułu Younga niż materiał osnowy, przy czym struktura uzbrojenia rdzeni 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

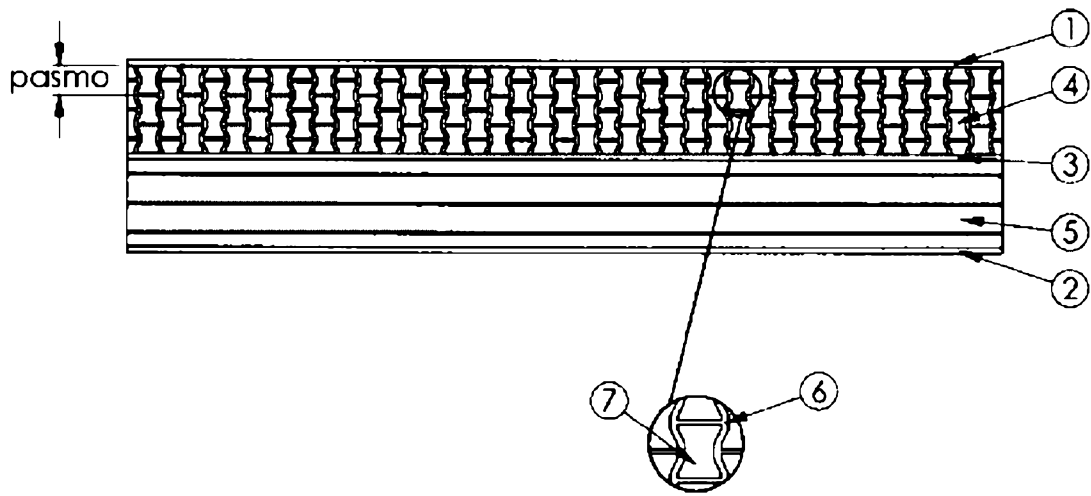


Fig. 1

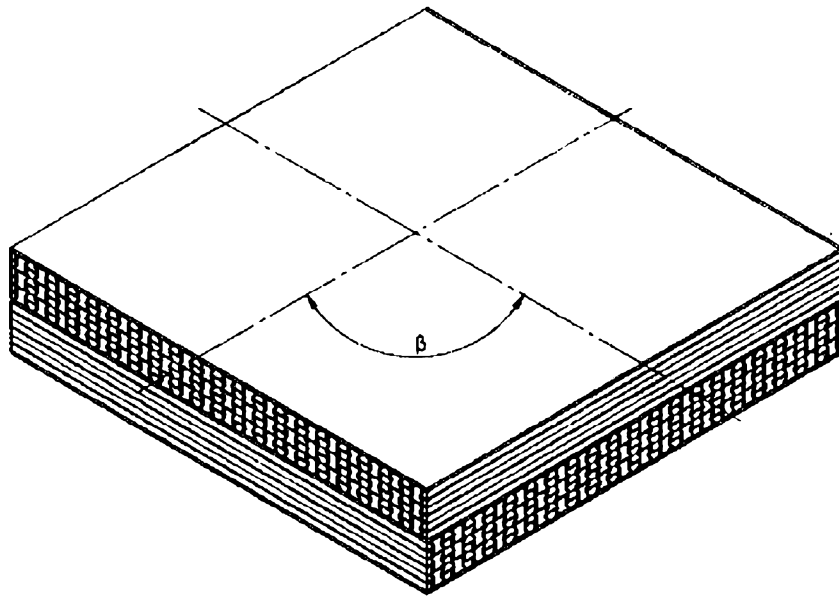


Fig. 2

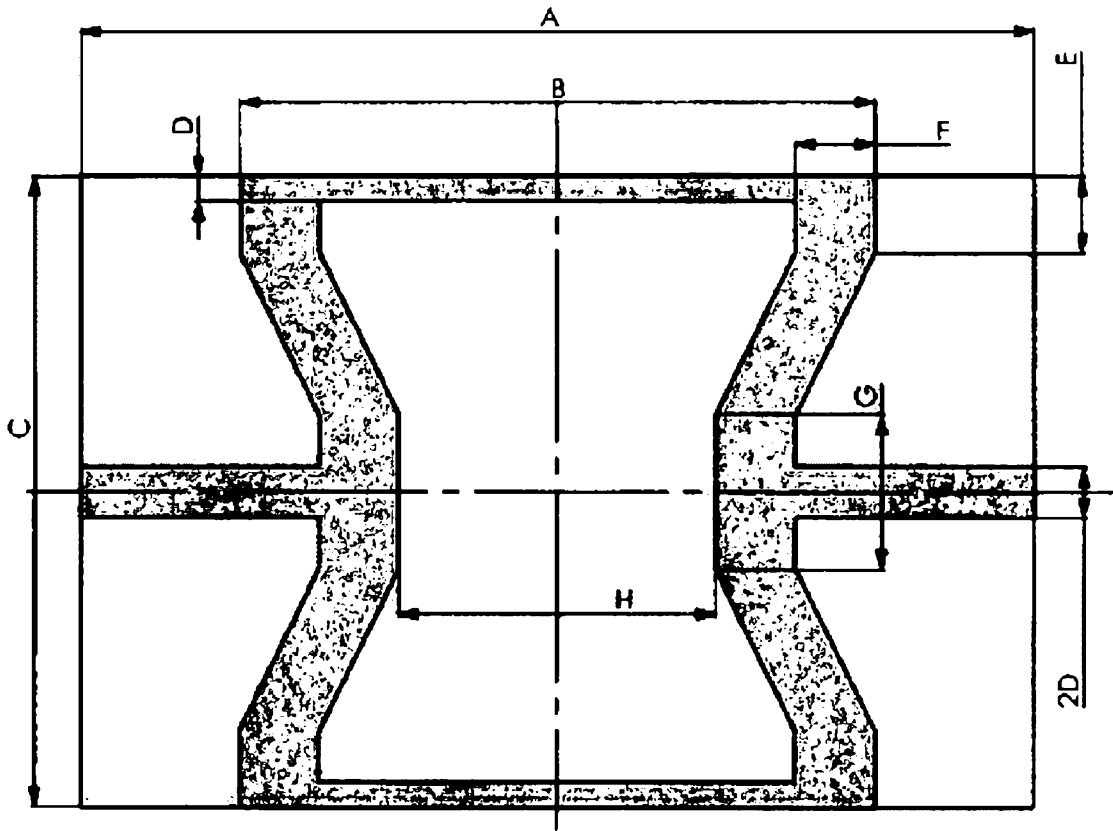


Fig. 3

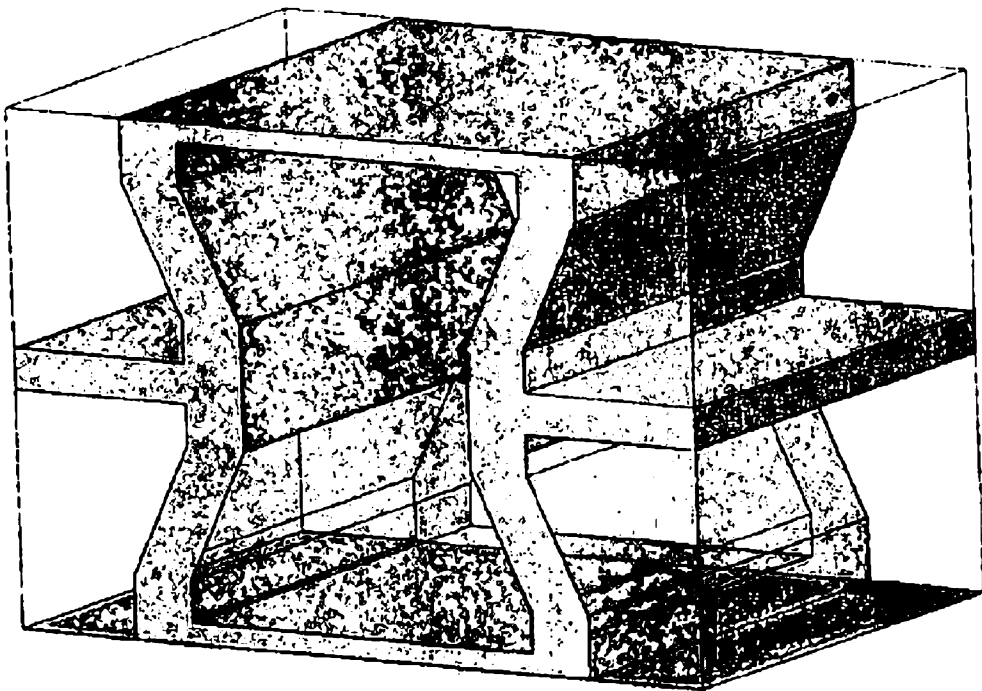


Fig. 4