

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245247 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434150**

(22) Data zgłoszenia: **2020.06.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.09.06 BUP 23/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.06.10 WUP 24/2024**

(51) MKP:

B32B 15/08 (2006.01)

B32B 15/092 (2006.01)

B32B 15/14 (2006.01)

B32B 5/28 (2006.01)

B64C 1/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
IM. JAROSŁAWA DĄBROWSKIEGO,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**JERZY JACHIMOWICZ, Warszawa, PL
TADEUSZ NIEZGODA, Warszawa, PL
SEBASTIAN STANISŁAWEK, Warszawa, PL
GRZEGORZ SŁAWIŃSKI, Ożarów Mazowiecki, PL
PIOTR KĘDZIELSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Rafał Parczewski, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Kompozyt warstwowy wzmacniany włóknami naturalnymi

PL 245247 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi, który można stosować do wytwarzania elementów konstrukcyjnych, w szczególności elementów pokrycia struktur lotniczych.

Wykorzystanie materiałów kompozytowych ma coraz szerszy charakter ze względu na ich specyficzne właściwości mechaniczne w tym dobrą relację wytrzymałości do gęstości. W lotnictwie od kilkunastu lat obserwuje się znaczący udział struktur kompozytowych, zwłaszcza w postaci laminatów hybrydowych. Do budowy kompozytów stosowane są w szczególności stopy aluminium oraz stali oraz włókna węglowe, szklane i aramidowe. Włókna stanowią składnik wzmacniający (tzw. zbrojenie) i są układane w postaci warstw, między którymi znajduje się wypełnienie, pełniące rolę lepiszcza. Strukturę tego typu nazywamy laminatem, która często charakteryzuje się znaczną poprawą odporności zmęczeniowej oraz odporności na uszkodzenia dzięki mostkującemu wpływowi włókien. Często z przyczyn technologicznych stosuje się laminy prefabrykowane czyli warstwy o małej grubości zawierające zwykle pojedynczą warstwę włókien ciągłych ułożonych jednokierunkowo (tzw. rovingu), tkanin lub mat z włókna ciętego osadzonych w osnowie. Warstwy te są łączone ze sobą i innymi komponentami kompozytu tworząc zwartą konstrukcję.

Z amerykańskiego opisu zgłoszeniowego US4029838 znany jest kompozyt hybrydowy zbudowany z naprzemiennie ułożonych warstw folii metalowej i materiału zawierającego włókna o dużej wytrzymałości na rozciąganie. Jednokierunkowo rozmieszczone włókna borowe są zatopione w aluminium a materiałem na folie metalowe może być tytan.

Z amerykańskiego opisu patentowego US4489123 znany jest laminat do zastosowań konstrukcyjnych w lotnictwie Arall. Składa się on z trzech lub więcej arkuszy stopu aluminium, które są ze sobą spojone za pomocą warstw adhezyjnych, w których zatopione są włókna węglowe lub aramidowe.

Z amerykańskiego opisu patentowego US7087317 znany jest panel warstwowy Glare zawierający zewnętrzne warstwy wykonane ze stopu Al-Mg o zawartości magnezu w zakresie 4–6%. Wewnątrz znajdują się naprzemiennie ułożone arkusze metalowe oraz warstwy polimerowe zawierające włókna szklane.

Celem wynalazku jest zaproponowanie przyjaznego środowisku kompozytu, którego sztywność i wytrzymałość właściwa odpowiada parametrom kompozytów wzmacnianych włóknami sztucznymi.

Istotą wynalazku jest kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi, który charakteryzuje się tym, że składa się z trzech warstw przy czym dwie warstwy to okładziny zewnętrzne ze stopu metalu, w szczególności stopu aluminium lub tytanu, a warstwę wewnętrzną zwaną jądrem, stanowi laminat zawierający włókna naturalne.

Korzystnie, że warstwa wewnętrzna zwana jądrem wykonana jest z laminatu zawierającego włókna lniane.

Korzystnie, jądro stanowi laminat wykonany z matrycy i lamin wzmacnianych jednokierunkowo włóknem naturalnym, przy czym laminy są ułożone pod różnymi kątami, np. [0,45,90,-45, itd.].

Korzystnie, zewnętrzne warstwy jądra są zbrojone tkaniną.

Korzystnie, wewnętrzne warstwy jądra są zbrojone tkaniną.

Korzystnie, zewnętrzne okładziny są wykonane z różnych materiałów.

Korzystnie, zewnętrzne okładziny mają różną grubość.

Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi składa się z trzech warstw, z których zewnętrzne to arkusze blachy spojone trwale z jądrem. Zewnętrzne okładziny są wykonane z materiału metalowego np. stopu 2024-T3, Ti6Al4V, 6061-T6 lub 6AL-4V. Jądro stanowi laminat, który jest wykonany z szeregu lamin w taki sposób, że kierunek włókien jest zmienny w stosunku do warstwy sąsiedniej. Ilość lamin, a co za tym grubość kompozytu zależy od wymagań konstrukcyjnych stawianych konkretnemu komponentowi. Okładziny, jak i pojedyncze laminy z włókien naturalnych są połączone z wykorzystaniem spoiwa (np. EP, PLA, PE, PA11).

Rozwiązanie według wynalazku, w którym wzmocnieniem kompozytu są włókna naturalne, zmniejsza obciążenie środowiska naturalnego procesem jego produkcji oraz skraca czas jego rozkładu po okresie eksploatacji przy jednoczesnym zachowaniu sztywności i wytrzymałości właściwej na poziomie kompozytów wzmacnianych włóknami sztucznymi. Dzięki wykorzystaniu włókien, które mają pochodzenie naturalne w istotnym stopniu zmniejsza się zużycie energii oraz ogranicza emisję CO₂.

Proponowany kompozyt przewyższa właściwościami mechanicznymi pokrycia ze stopów metali lekkich. Przy takiej samej gęstości powierzchniowej otrzymuje się znacznie większą sztywność na zginanie, a w konsekwencji większe naprężenia krytyczne wyboczenia w przypadku przenoszenia obciążeń w płaszczyźnie materiału.

We współczesnych konstrukcjach lotniczych wykorzystuje się kompozyty wzmacniane włóknami szklanymi GFRP oraz włóknami węglowymi CFRP. Opisany kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi może mieć właściwości mechaniczne lepsze od kompozytów GFRP przy kosztach wytwarzania niższych od kompozytów CFRP.

Pomimo faktu, że proponowany kompozyt jest biodegradowalny wytrzymuje wieloletni okres eksploatacji. Rozwiązanie według wynalazku charakteryzuje się dobrym tłumieniem, izolacją cieplną i łatwością wytwarzania.

Zastosowanie jako składnika włókna lnianego pozwala na znaczne obniżenie kosztów wytwarzania z uwagi na szeroką dostępność produktu i masową produkcję.

Ułożenie lamin pod różnymi kątami np. [0, 45, 90, -45] pozwala uzyskać quasi-izotropowe właściwości materiału dzięki czemu może on pracować pod obciążeniem w różnych kierunkach (jest to korzystne zwłaszcza w otoczeniu połączeń takich jak nity oraz śruby).

Zastosowanie zewnętrznych lamin w postaci tkanin poprawia warunki wykonania otworów w szczególności otworów wierconych pod połączenia śrubowe lub nitowe zapobiegając wyciąganiu włókien. Ponadto polepsza to wytrzymałość w połączeniach nitowych i śrubowych poprzez złagodzenie zmiany właściwości mechanicznych na grubości (złagodzenie nagłej zmiany właściwości przy przejściu z izotropowej okładki do monotropowego rovingu przez zastosowanie pomiędzy nimi warstwy tkaniny o pośrednich, ortotropowych właściwościach mechanicznych).

Umieszczenie lamin wzmacnianych ortotropowo wewnątrz jądra pozwala na łatwiejsze osiągnięcie wysokiego poziomu quasi-izotropowości materiału, przy zachowaniu porównywalnej wytrzymałości i sztywności na zginanie. W przypadku zastosowania lamin ułożonych pod jednym kątem umieszczenie pomiędzy nimi warstw tkaniny pozwala na uzyskanie dużej sztywności na zginanie w kierunku lamin przy zachowaniu wymaganej sztywności na ścinanie w płaszczyźnie.

Zastosowanie okładek z różnych materiałów umożliwia dobór materiału o właściwościach dostosowanych do warunków pracy okładziny zewnętrznej i wewnętrznej oraz pozwala na zmniejszenie kosztów produkcji.

Zastosowanie okładek o różnej grubości pozwala na wytwarzanie kompozytów o niskiej masie z uwagi na ograniczenie udziału składnika o wysokiej gęstości.

Wynalazek został przedstawiony w przykładach wykonania, na których fig. 1 przedstawia kompozyt z jądrem w postaci spojonych lamin, fig. 2 przedstawia kompozyt z zastosowaniem warstw ortotropowych w sąsiedztwie okładek, fig. 3 przedstawia kompozyt z zastosowaniem warstw ortotropowych w centralnej części jądra, fig. 4 przedstawia kompozyt z metalowymi okładzinami niesymetrycznymi, tj. o różnej grubości, fig. 5 przedstawia kompozyt z metalowymi okładzinami niesymetrycznymi oraz zastosowaniem warstw ortotropowych w sąsiedztwie okładek, fig. 6 przedstawia kompozyt z metalowymi okładzinami niesymetrycznymi oraz zastosowaniem warstw ortotropowych w centralnej części jądra.

Kompozyt wzmacniany włóknami lnianymi, jak pokazano na fig. 2, składa się z trzech trwale spojonych warstw. Zewnętrzne okładziny 1 są wykonane ze stopu 2024-T3 o grubości 0,5 mm każda. Jądro 2 stanowi laminat zbrojony włóknami lnianymi o gęstości 100 g/m² i charakteryzującymi się znaczną wytrzymałością na rozciąganie. Laminat składa się z laminy zbrojonej tkaniną 3 z włókna lnianego o splocie płóciennym i kącie 45°. Następnie znajduje się 8 lamin 2a zawierających jednokierunkowe włókna lniane o orientacjach [0, 45, 90, -45, 0, 45, 90, -45] oraz ponownie laminy zbrojonej tkaniną 3 z włókna lnianego o splocie płóciennym. Połączenie okładek 1a i 1b, jak i pojedynczych lamin 2a z włókien naturalnych wykonane jest z wykorzystaniem żywicy epoksydowej.

Kompozyt trójwarstwowy, według wynalazku, może być stosowany do wytwarzania elementów konstrukcyjnych. W szczególności może być wykorzystany do produkcji elementów pokrycia struktur lotniczych, a także w motoryzacji. Charakteryzuje się on dobrymi właściwościami mechanicznymi, małą gęstością powierzchniową, wysokim tłumieniem drgań oraz dobrą izolacją cieplną.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi przeznaczony do wytwarzania elementów konstrukcyjnych **znamienny tym**, że składa się z trzech warstw przy czym dwie warstwy to okładziny zewnętrzne (1a, 1b) ze stopu metalu, w szczególności stopu aluminium lub tytanu, a warstwę wewnętrzną (2) zwaną jądrem, stanowi laminat zawierający włókna naturalne.
2. Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi według zastrz. 1, **znamienny tym**, że warstwa wewnętrzna zwana jądrem (2) wykonana jest z laminatu zawierającego włókna lniane.
3. Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jądro (2) stanowi laminat wykonany z matrycy i lamin (2a) wzmacnianych jednokierunkowo włóknem naturalnym, przy czym laminy są ułożone pod różnymi kątami np. [0, 45, 90, -45, itd.].
4. Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zewnętrzne warstwy jądra (2) są zbrojone tkaniną (3).
5. Kompozyt wzmacniany włóknami naturalnymi według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wewnętrzne warstwy jądra (2) są zbrojone tkaniną (3).
6. Kompozyt trójwarstwowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zewnętrzne okładziny (1a, 1b) są wykonane z różnych materiałów.
7. Kompozyt trójwarstwowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zewnętrzne okładziny (1a, 1b) mają różną grubość.

Rysunki

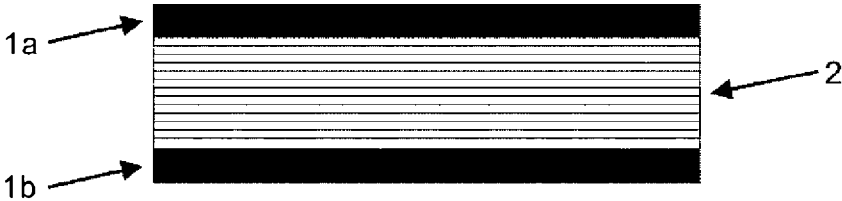


Fig. 1

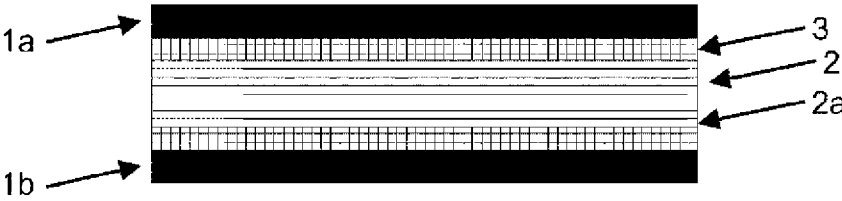


Fig. 2

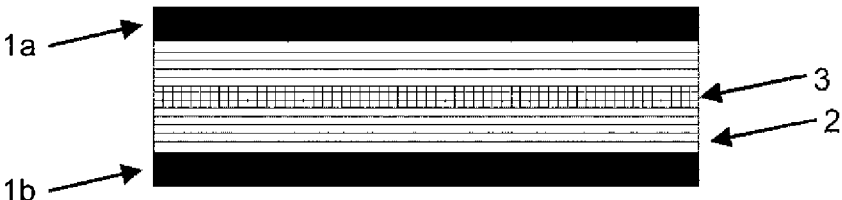


Fig. 3

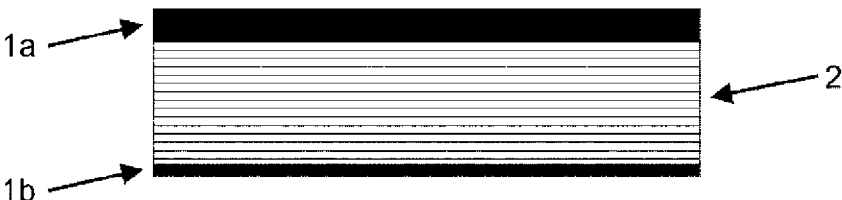


Fig. 4

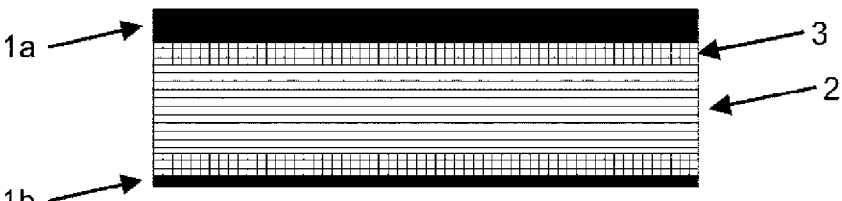


Fig. 5

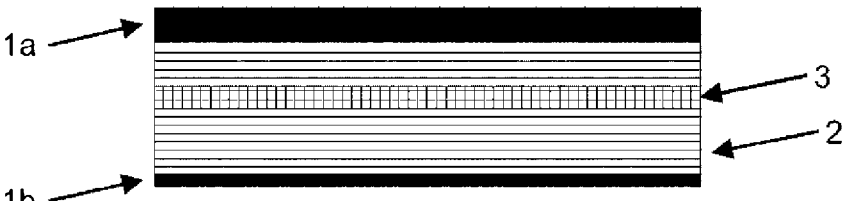


Fig. 6