

Laminat tytan-szkło-węgiel i sposób jego wytwarzania

Przedmiotem wynalazku jest laminat tytan-szkło-węgiel i sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło-węgiel.

5 Dotychczas znany z polskiego opisu patentowego nr PL232952 (B1) jest laminat metalowo- polimerowy, który posiada dwie zewnętrzne warstwy stopu tytanu o strukturze alfa oraz środkową warstwę kompozytu polimerowego wzmocnianego włóknami szklanymi o grubości nie większej niż 0,5 mm. Włókna szklane, które
10 są wzmocnione warstwami kompozytu polimerowego mogą być ułożone do siebie równolegle, prostopadle lub są splecione w tkaninę.

 Z europejskiego zgłoszenia patentowego nr EP2139759 (A1) znany jest laminat metalowo-włóknisty składający się z warstw metalu typu tytan lub aluminium oraz kompozytu polimerowego
15 z włóknami szklanymi, włóknami węglowymi lub włóknami aramidowymi.

 W europejskim zgłoszeniu patentowym nr EP2763849 (A1) został opisany laminat metalowo-włóknisty składający się z naprzemiennie ułożonych warstw metalu, np. stopów tytanu, stali,
20 aluminium, bądź stopów magnezu, oraz warstw kompozytu polimerowego wzmocnianego włóknami szklanymi, węglowymi, aramidowymi, albo ich kombinacją. Laminaty poddaje się procesowi utwardzania pod działaniem temperatury i ciśnienia w celu uzyskania jednorodnej struktury.

W artykule pt. „On the effect of glass and carbon fiber hybridization in fiber metal laminates: Analytical, numerical and experimental investigation” autorstwa K. Dadej, J. Bieniaś, B. Surowska opublikowanego w czasopiśmie „Composite Structures” opisano laminaty składające się z zewnątrz z warstw stopu aluminium 2024-T3 o grubości 0,5 mm oraz warstw kompozytu epoksydowo-węglowego i kompozytu epoksydowo-szklanego. Laminaty utwardzono w worku próżniowym w autoklawie w temperaturze 135 °C pod ciśnieniem 0,45 MPa.

Z artykułu „The response of hybrid titanium carbon laminates to the low-velocity impact” autorstwa P. Jakubczak i J. Bieniaś znany jest laminat o grubości 1,5 mm, który z zewnętrznych stron posiada warstwy ze stopu tytanu GRADE2 o grubości 0,5 mm, natomiast pomiędzy warstwami tytanu posiada cztery warstwy kompozytu epoksydowego wzmocnionego wysokowytrzymałymi włóknami węglowymi AS7J o grubości pojedynczej warstwy równej 0,125 mm.

Celem wynalazku jest wytworzenie laminatu tytan-szkło-węgiel odpornego na uderzenia.

Istotą laminatu tytan-szkło-węgiel posiadającego od zewnętrznej strony arkusz blachy ze stopu tytanu, który na obu powierzchniach posiada warstwę ceramiczną, do której przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową, do których przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą

epoksydową, według wynalazku, jest to, że w części środkowej laminatu znajduje się warstwa włókniny poliestrowej o grubości od 3 mm do 9 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe 5 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, do których przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do 10 warstwy ceramicznej o grubości od 1 µm do 20 µm, znajdującej się na arkuszu blachy ze stopu tytanu o grubości od 0,2 mm do 1 mm. Arkusz blachy ze stopu tytanu na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną o grubości od 1 µm do 20 µm.

Istotą sposobu wytwarzania laminatu tytan-szkło-węgiel, 15 według wynalazku, jest to, że na jeden z arkuszy blachy ze stopu tytanu o grubości od 0,2 do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną nakłada się kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda. Następnie nakłada się 20 kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, po czym nakłada się warstwę włókniny poliestrowej o grubości od 3 mm do 9 mm i o gramaturze 339 g/m². Na warstwę włókniny poliestrowej nakłada się kolejno dwie, jednakowe warstwy 25 kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych

żywica epoksydowa o grubości 0,2 mm każda, na które nakłada się kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda. Następnie nakłada się drugi z arkuszy blachy ze stopu 5 tytanu o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 1 μ m do 20 μ m. Następnie wykonuje się pakiet próżniowy i odsysa się powietrze do podciśnienia -0,08 MPa, po czym poddaje się całość procesowi utwardzania.

10 Korzystnie jest, gdy nakłada się kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową w kierunku ułożenia 0°/0° albo 90°/90° albo +45°/-45°.

15 Korzystnie jest, gdy nakłada się kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową w kierunku ułożenia 0°/0° albo 90°/90° albo +45°/-45°.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że otrzymuje się laminat tytan-szkło-węgiel o korzystnej absorpcji energii na uderzenia 20 o niskiej prędkości. Zastosowanie włókniny poliestrowej hamuje rozwój pęknięć w laminacie. Włóknina poliestrowa w procesie utwardzania w autoklawie zostaje przesączona żywicą tak, że tworzy wysokiej wytrzymałości granicę rozdziału z kompozytem polimerowym. Ponadto zastosowanie włókniny hamuje rozwój 25 pęknięć w laminacie.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia przekrój poprzeczny laminatu.

Przykład 1

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło-węgiel polegał na tym, że dwa arkusze blachy 1 ze stopu tytanu GRADE 2 o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,3 mm oczyszczono poprzez piaskowanie z zastosowaniem ziaren tlenku glinu Al_2O_3 o grubości 180 μm . Następnie nałożono warstwę ceramiczną o udziale masowym 3-glicydoksy propylotrimetoksy silanu 1% i tetra-n-propoksy cyrkonu 99%. Każdą warstwę ceramiczną 2 o grubości 2 μm wytworzoną na arkuszach blachy 1 pozostawiono do wyschnięcia na czas 60 minut w temperaturze 23°C. Po wysuszeniu nałożono na jeden z arkuszy blachy 1 posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2 dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/0°, po czym nałożono kolejne dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/0°. Następnie nałożono warstwę włókniny poliestrowej 5 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m². Na warstwę włókniny poliestrowej 5 nałożono kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/0°, na które nałożono kolejno dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien

szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/0°. Następnie nałożono drugi z arkuszy blachy 1 posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2. Całość ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia -0,08 MPa. Następnie całość utwardzano w komorze autoklawu w temperaturze +135°C oraz w ciśnieniu 0,4 MPa. Wewnątrz komory autoklawu nagrzewano i chłodzono pakiet próżniowy z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie 4,5 godziny. Po wyjęciu pakiet próżniowy z autoklawu schłodzono do temperatury 23°C.

W wytworzonym laminacie tytan-szkło-węgiel w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, do których przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy ceramicznej 2 o grubości 2 μm znajdującej się na arkuszu blachy 1 ze stopu tytanu GRADE 2 o grubości 0,3 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 2 μm.

Otrzymany laminat poddano badaniom na uderzenia o niskiej prędkości poniżej 5 m/s w zakresie energii 5 J i 20 J. Laminat charakteryzował się zmniejszonym zniszczeniem warstw kompozytowych oraz zwiększoną wartością absorpcji energii przez warstwę poliestrową. Siła maksymalna uzyskana w badaniach na uderzenia wynosiła dla 5 J - 2181 N, a dla 20 J - 5477 N.

Przykład 2

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło-węgiel przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 1 mm posiadające na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2 o grubości 12 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $90^\circ/90^\circ$, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $90^\circ/90^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 4 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m^2 .

W wytworzonym laminacie tytan-szkło-węgiel w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m^2 . Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, do których przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu

polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy ceramicznej 3 o grubości 12 μm . Warstwa ceramiczna 2 o grubości 12 μm znajduje się na arkuszu blachy 1 ze stopu tytanu
5 GRADE 2 o grubości 1 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 12 μm .

Otrzymany laminat poddano badaniom na uderzenia o niskiej prędkości poniżej 5 m/s w zakresie energii 5 J i 20 J. Laminat charakteryzował się zmniejszonym zniszczeniem warstw
10 kompozytowych oraz zwiększoną wartością absorpcji energii przez warstwę poliestrową. Siła maksymalna uzyskana w badaniach na uderzenia wynosiła dla 5 J – 2190 N, a dla 20 J - 5586 N.

Przykład 3

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło-węgiel przebiegał jak
15 w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 0,5 mm posiadające na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2 o grubości 10 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które
20 ułożono w kierunku ułożenia $+45^\circ/-45^\circ$, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $+45^\circ/-45^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 4 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m².

W wytworzonym laminacie tytan-szkło-węgiel w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 5 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe 5 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, do 10 których przylegają adhezyjnie dwie, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy ceramicznej 3 o grubości 10 µm. Warstwa ceramiczna 2 o grubości 10 µm znajduje się na arkuszu blachy 1 ze stopu tytanu GRADE 2 o grubości 1 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 10 µm.

Otrzymany laminat poddano badaniom na uderzenia o niskiej 15 prędkości poniżej 5 m/s w zakresie energii 5 J i 20 J. Laminat charakteryzował się zmniejszonym zniszczeniem warstw kompozytowych oraz zwiększoną wartością absorpcji energii przez warstwę poliestrową. Siła maksymalna uzyskana w badaniach na uderzenia wynosiła dla 5 J – 2030 N, a dla 20 J - 5922 N.

20

POLITECHNIKA LUBELSKA
Biuro Rzecznika Patentowego
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin
tel. +48 81 538 46 29, fax +48 81 538 41 70

RZECZNIK PATENTOWY


mgr inż. Tomasz Milczek
Nr ew. 2796