

Laminat tytan-szkło i sposób jego wytwarzania

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

5 Dotychczas znany z polskiego opisu patentowego nr PL 232952 (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 wzmocnieniem warstwy 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 „Damage characterization of titanium/GFRP hybrid laminates subjected to low-velocity impact” autorstwa H. Nakatani, T. Kosak, K. Osaka, Y. Sawada opisano laminat, który posiada warstwy ze stopu tytanu Ti6-Al4-V o grubości 0,14 mm oraz warstwy kompozytu polimerowo- szklanego.

Z artykułu „The impact behaviour of hybrid titanium glass laminates—Experimental and numerical approach” autorstwa P. Jakubczak znany jest laminat o całkowitej grubości 2 mm, który z zewnętrznych stron posiada warstwę ze stopu tytanu GRADE2 o grubości 0,5 mm oraz warstw kompozytu epoksydowego wzmocnionego włóknami szklanymi S2 wysokiej wytrzymałości o grubości pojedynczej warstwy równej 0,25 mm.

Z artykułu J. Zhou, M. Z. Hassan, Z. Guan, W. J. Cantwell pt. „The low velocity impact response of foam-based sandwich panels” z czasopisma Composite Science and Technology znane są laminaty składające się z wewnętrznej warstwy piany PVC o grubości 20 mm oraz dwóch zewnętrznych warstw tkaniny kompozytowej z włókien szklanych typu E i termoutwardzalnej żywicy. Laminat poddano utwardzaniu na gorąco w prasie w temperaturze 125 °C w czasie 1 godziny pod ciśnieniem 0,07 MPa.

W pracy autorstwa G. Caprino oraz R. Teti „Impact and post-impact behavior of foam core sandwich structures” w czasopiśmie Composite Structures opisano odporność na uderzenia kompozytów warstwowych składających się z wewnętrznej warstwy piany PVC

i dwóch zewnętrznych warstw kompozytu zbudowanego z czterech warstw kompozytu polimerowo- szklanego.

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

5 Istotą laminatu tytan-szkło posiadającego od zewnętrznej strony arkusz blachy ze stopu tytanu, który na obu powierzchniach posiada warstwę ceramiczną, do której przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową, według wynalazku, jest
10 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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości
15 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do 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.

20 Istotą sposobu wytwarzania laminatu tytan-szkło, według wynalazku, jest to, że na jeden z arkuszy blachy ze stopu tytanu o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 1 μm do 20 μm nakłada się kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie
25 włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości

0,2 mm każda. Następnie nakłada się warstwę włókniny poliestrowej o grubości od 3 mm do 9 mm i o gramaturze 339 g/m^2 , na którą nakłada się kolejno cztery, 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 tytanu o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od $1 \mu\text{m}$ do $20 \mu\text{m}$. Następnie wykonuje się pakiet próżniowy i odsysa się powietrze do podciśnienia $-0,08 \text{ MPa}$, po czym poddaje się całość procesowi utwardzania.

Korzystnie jest, gdy nakłada się kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową w kierunku ułożenia $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$ albo $0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ$ albo $+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ$ albo $90^\circ/90^\circ/90^\circ/90^\circ$.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że otrzymuje się laminat tytan-szkło o wysokiej odporności na obciążenia dynamiczne niskiej prędkości. Dodanie włókniny poliestrowej do środka laminatu hamuje rozwój pęknięć. Podczas procesu utwardzania w autoklawie włóknina zostaje przesączona żywicą pochodzącą od kompozytu polimerowego. Przesączona żywicą włóknina wpływa na poprawę wytrzymałości na granicy rozdziału z kompozytem polimerowym i hamuje rozwój pęknięć w laminacie.

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

Przykład 1

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło 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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/90°/0°/90°. Następnie nałożono warstwę włókniny poliestrowej 4 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m². Na warstwę włókniny poliestrowej 4 nałożono kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 0°/90°/0°/90°. 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 w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 4 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 4 przylegają adhezyjnie cztery, 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 - 2301 N, a dla 20 J - 6306 N.

20 **Przykład 2**

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło 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 $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ i warstwę włókniny poliestrowej 4 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m^2 .

W wytworzonym laminacie tytan-szkło w części środkowej
5 znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 4 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m^2 . Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 4 przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają
10 adhezyjnie do warstwy ceramicznej 3 o grubości $12 \mu\text{m}$. Warstwa ceramiczna 2 o grubości $12 \mu\text{m}$ 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 $12 \mu\text{m}$.

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 – 2199 N, a dla 20 J - 6519 N.

20 **Przykład 3**

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło przebiegał jak 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 $10 \mu\text{m}$, jednakowe
25 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych

połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $+45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/-45^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 5 o grubości 5 mm i o gramaturze 339 g/m².

W wytworzonym laminacie tytan-szkło w części środkowej
5 znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 4 o grubości 5 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 4 przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają
10 adhezyjnie do warstwy ceramicznej 2 o grubości 10 μm. Warstwa ceramiczna 2 znajduje się na arkuszu blachy 1 ze stopu tytanu GRADE 2 o grubości 0,5 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 – 2032 N, a dla 20 J - 7218 N.

20 **Przykład 4**

Sposób wytwarzania laminatu tytan-szkło przebiegał jak 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 5 μm, jednakowe
25 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych

połączonych żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $90^\circ/90^\circ/90^\circ/90^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 4 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m^2 .

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

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 – 2192 N, a dla 20 J - 6830 N.

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