

Laminat tytan-węgiel i sposób jego wytwarzania

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

5 Dotychczas z polskiego opisu patentowego nr PL 234079 (B1) znany jest laminat metalowo- polimerowy, typu tytan - kompozyt polimerowy charakteryzujący się tym, że składa się z warstw ze stopu tytanu o strukturze alfa o grubości od 0,1 mm do 1 mm, oraz warstw kompozytu polimerowego ułożonego pomiędzy warstwami ze stopu
10 tytanu o grubości nie większej niż 0,5 mm i w ilości wynikającej ze sposobu ułożenia.

 Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US5547735 (A) znany jest laminat składający się z co najmniej jednej warstwy ze stopu tytanu o strukturze beta i z co najmniej jednej warstwy
15 kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknem węglowym. Laminat jest utwardzany na gorąco przy użyciu prasy, bądź autoklawu.

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

 W europejskim zgłoszeniu patentowym nr EP2763849 (A1) został opisany laminat metalowo-włóknisty składający się
25 z naprzemiennie ułożonych warstw metalu, np. stopów tytanu, stali,

aluminium, bądź stopów magnezu, oraz warstw kompozytu polimerowego wzmocnianego włóknami węglowymi, szklanymi, aramidowymi, albo ich kombinacją. Laminaty poddaje się procesowi utwardzania pod działaniem temperatury i ciśnienia w celu uzyskania

5 jednorodnej struktury.

Z artykułu „Influence of fiber type on the impact response of titanium-based fiber-metal laminates” autorstwa Li, Zhang, Guo, Shim, Yang, Chai znany jest laminat, który posiada warstwy ze stopu tytanu Ti-6Al-4V o grubości 0,5 mm i gęstości 0,226 g/cm² oraz

10 warstwy tkaniny z włókien węglowych i żywicy epoksydowej.

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

15 pomiędzy warstwami tytanu posiada cztery warstwy kompozytu epoksydowego wzmocnionego wysokowytrzymałymi włóknami węglowymi AS7J o grubości pojedynczej warstwy równej 0,125 mm. Laminat utwardzono w autoklawie w temperaturze 135 °C pod ciśnieniem 0,4 MPa.

20 W artykule „CFRP/titanium hybrid material for improving composite bolted joints” autorstwa B. Kolesnikov, L. Herbeck i H. Fink opisano laminat, który składał się z naprzemiennie ułożonych, warstw kompozytu o osnowie żywicy epoksydowej wzmocnianego włóknem węglowym o grubości 0,125 mm zamiennie z kompozytem

o grubości 0,25 mm oraz warstw metalowych ze stopu tytanu Ti-6Al-4V o grubości 0,3 mm.

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

5 Istotą laminatu tytan-węgiel 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 węglowych połączonych żywicą epoksydową, według wynalazku, jest
10 to, że 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 węglowych połączonych żywicą epoksydową
15 o grubości 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-węgiel, 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 węglowych 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 węglowych 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 węglowych 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 - węgiel o wysokich właściwościach absorpcyjnych w badaniach odporności dynamicznej niskiej prędkości. Warstwa kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych z żywicą epoksydową łączy się do włókniny poliestrowej poprzez utwardzanie w autoklawie. Przesączona żywicą włóknina poliestrowa hamuje rozwój pęknięć w laminacie. Ponadto granica rozdziału kompozyt, a włóknina poliestrowa jest bardziej wytrzymała.

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

Przykład 1

Sposób wytwarzania laminatu tytan-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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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 węglowych 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.

5 W wytworzonym laminacie tytan-węgiel 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 węglowych połączonych
10 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.

15 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
20 uderzenia wynosiła dla 5 J - 2297 N, a dla 20 J - 4581 N.

Przykład 2

 Sposób wytwarzania laminatu tytan-węgiel przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 1 mm posiadające na obu powierzchniach
25 warstwę ceramiczną 2 o grubości 12 μm, jednakowe warstwy

kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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 .

5 W wytworzonym laminacie tytan-węgiel w części środkowej 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 węglowych połączonych
10 żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają 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 $12 \mu\text{m}$.

15 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
20 uderzenia wynosiła dla 5 J – 2163 N, a dla 20 J - 4438 N.

Przykład 3

 Sposób wytwarzania laminatu tytan-węgiel przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 0,5 mm posiadające na obu
25 powierzchniach warstwę ceramiczną 2 o grubości $10 \mu\text{m}$, jednakowe

warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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.

5 W wytworzonym laminacie tytan-węgiel w części środkowej 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 węglowych połączonych
10 żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają 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.

15 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
20 uderzenia wynosiła dla 5 J – 2029 N, a dla 20 J - 4626 N.

Przykład 4

 Sposób wytwarzania laminatu tytan-węgiel przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 0,5 mm posiadające na obu
25 powierzchniach warstwę ceramiczną 2 o grubości 5 μm, jednakowe

warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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 .

5 W wytworzonym laminacie tytan-węgiel w części środkowej 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 węglowych połączonych
10 żywicą epoksydową 3 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają 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 $5 \mu\text{m}$.

15 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
20 uderzenia wynosiła dla 5 J – 2188 N, a dla 20 J - 4343 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