

Laminat aluminium-szkło i sposób jego wytwarzania

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

5 Znany i stosowany jest z europejskiego zgłoszenia patentowego nr EP2139759 (A1) laminat metalowo-włóknisty składający się z warstw metalu typu aluminium albo tytan oraz kompozytu polimerowego z włóknami szklanymi, włóknami aramidowymi lub włóknami węglowymi.

10 Z europejskich zgłoszeń patentowych nr EP0056288 (A1) oraz EP0056289 (A1) znane są laminaty z dwoma lub większą ilością blach ze stopu aluminium oraz kompozytem na bazie włókien aramidowych, a także sposób ich wytwarzania, który polega na naprzemiennym układaniu warstw stopu aluminium oraz kompozytu
15 aramidowego.

 W europejskim zgłoszeniu patentowym nr EP2763849 (A1) został opisany laminat metalowo-włóknisty składający się z naprzemiennie ułożonych warstw metalu, np. stopów aluminium, stopów stali, stopów magnezu, bądź stopów tytanu, oraz warstw
20 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.

 Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US5547735 (A)
25 znany jest laminat odporny na uderzenia, który posiada dwie

zewnątrzną warstwę ze stopu aluminium o grubości od 0,1 mm do 0,8 mm i wewnętrzną warstwę kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknami szklanymi o grubości od 0,1 mm do 1,5 mm. Laminaty poddaje się procesowi utwardzania w autoklawie pod działaniem
5 temperatury i ciśnienia w określonym czasie.

Z międzynarodowego zgłoszenia patentowego nr WO2017080841 (A1) znany jest sposób wytwarzania laminatu składającego się z warstw ze stopu aluminium oraz warstw polimeru termoplastycznego wzmocnionego wytrzymałymi włóknami
10 węglowymi, aramidowymi albo szklanymi, w którym naprzemiennie układa się warstwy stopu aluminium oraz warstwy kompozytowe, wywierając obciążenia w temperaturze od 150 - 400°C, a następnie chłodząc.

W artykule „Low-velocity impact behaviour of fibreglass–
15 aluminium laminates” opublikowanym w czasopiśmie „Composites Part A: Applied Science and Manufacturing” autorstwa G. Caprino, G. Spataro i S. Del Luongo opisano laminaty składające się z naprzemiennie ułożonych warstw aluminium 2024 po obróbce T3 o grubości 0,26 mm oraz warstw kompozytu polimerowego
20 wzmocnionego wysoko-wytrzymałym włóknem szklanym S2 o grubości 0,125 mm. Laminaty poddano procesowi utwardzania w temperaturze 121 °C w czasie 1 h pod ciśnieniem 0,7 MPa.

Z artykułu „Low-velocity impact resistance of aluminium glass laminates–Experimental and numerical investigation”
25 opublikowanego w czasopiśmie „Composite Structures” autorstwa

J. Bieniaś, P. Jakubczak i K. Dadej znane są laminaty o grubości 1,5 mm, 2,5 mm oraz 3,5 mm składające się z naprzemiennie ułożonych warstw stopu aluminium 2024 po obróbce T3 o grubości 0,5 mm oraz dwóch warstw polimerowych wzmocnionych włóknami szklanymi typu R o grubości 0,25 mm.

Z pracy opublikowanej przez F. D. Morinière, R. C. Alderliesten, M. Y. Tooski, R. Benedictus pt. „Damage evolution in GLARE fibre-metal laminate under repeated low-velocity impact tests” w czasopiśmie „Central European Journal of Engineering” znane są laminaty metalowo włókniste składające się z warstw stopu aluminium 2024-T3 o grubości 0,3 mm i dwóch warstw kompozytu polimerowego wzmocnionego wysoko- wytrzymałym włóknem szklanym S2 o grubości 0,3 mm. Laminat został poddany procesowi utwardzania w temperaturze 120°C przez okres 3 godzin pod ciśnieniem 0,6 MPa.

W artykule „Low Velocity Impact Behaviour of Sandwich Composite Structures with E-Glass/Epoxy Facesheets and PVC Foam” opublikowanym w czasopiśmie „Procedia Structural Integrity” autorstwa A. C. Balaban, K. F. Tee i M. E. Toygar opisano struktury warstwowe składające się z dwóch zewnętrznych warstw tkaniny kompozytowej polimerowo- szklanej oraz środkowej warstwy piany PVC. 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 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 kompozytowych składających się z czterech warstw kompozytu polimerowo- szklanego.

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

Istotą laminatu aluminium-szkło posiadającego od zewnętrznej strony arkusz blachy ze stopu aluminium, który na obu powierzchniach posiada warstwę ceramiczną z nałożoną warstwą żywicy polimerowej, do której przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych 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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej o grubości 1 µm. Warstwa żywicy polimerowej nałożona

jest na warstwę ceramiczną o grubości od 8 μm do 12 μm znajdującą się na arkuszu blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 mm do 1 mm. Arkusz blachy ze stopu aluminium na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną o grubości od 8 μm do 12 μm z nałożoną
5 warstwą żywicy polimerowej o grubości 1 μm .

Istotą sposobu wytwarzania laminatu aluminium-szkło, według wynalazku, jest to, że na dwa arkusze blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 do 1 mm posiadające na obu powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 8 do 12 μm nakłada się obustronnie
10 warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm , po czym pozostawia się na czas 30 min w temperaturze 23°C. Następnie suszy się w czasie 60 min w temperaturze 121°C w suszarce elektrycznej. Po wysuszeniu nakłada się na jeden z arkuszy blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę
15 ceramiczną o grubości od 8 do 12 μm i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, po czym nakłada się warstwę
20 włókniny poliestrowej o grubości od 3 mm do 9 mm i o gramaturze 339 g/m². Na warstwę włókniny poliestrowej nakłada się kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową o grubości 0,2 mm każda, po czym nakłada się drugi z arkuszy blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadający na obu
25 powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 8 μm do 12 μm

i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm . Następnie wykonuje się pakiet próżniowy i odsysa się powietrze do podciśnienia -0,08 MPa, po czym poddaje się całość procesowi utwardzania.

Korzystnie jest, gdy nakłada się kolejno cztery, jednakowe
5 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
10 laminat aluminium-szkło o wysokich właściwościach odpornościowych i absorpcyjnych na uderzenia o niskiej prędkości. Do włókniny poliestrowej dobrze przylega warstwa kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych z żywicą epoksydową. Zastosowana warstwa włókniny poliestrowej hamuje
15 rozwój pęknięć w laminacie. Ponadto podczas procesu utwardzania w autoklawie włóknina zostaje przesączona żywicą tak, że tworzy integralną część z kompozytem polimerowym i poprawia wytrzymałość na granicy rozdziału.

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

Przykład 1

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-szkło polegał na tym, że dwa arkusze blachy 1 ze stopu AlCu4Mg1 w stanie utwardzenia T3 według normy PN-EN 515:2017-05 o wymiarach 300 x 400 mm
25 i grubości 0,3 mm poddano procesowi utleniania anodowego poprzez

metodę elektrochemiczną w wodnym roztworze kwasu chromowego (VI), gdzie dla kwasu chromowego anodowanie przebiegało w sposób następujący: oczyszczanie papierem ściernym o gradacji 2000 i odtłuszczenie wstępne acetonem blach ze stopu aluminium, 5 odtłuszczenie alkaliczne, płukanie i trawienie w kąpeli sulfochromowej, płukanie, anodowanie w kwasie chromowym - bezwodnik kwasu chromowego w temperaturze 38°-42°C przy napięciu $\approx 20V$ oraz w czasie ≈ 45 minut. Po procesie anodowania płukano w wodzie dwa arkusze blachy 1 przez 5 minut i pozostawiono 10 do wysuszenia w temperaturze 23°C. Każdą warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 μm wytworzoną na arkuszach blachy 1 powleczono warstwą środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznej żywicy polimerowej o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylo-etylowy - Butanon 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-15 metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksy-sililo) propyloglicydowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylo-1% , tworząc warstwę żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm . 20 Następnie pozostawiono na czas 30 minut w temperaturze 23°C, po czym suszono w czasie 60 min w temperaturze 121°C w suszarce elektrycznej. Po wysuszeniu nałożono na jeden z arkuszy blachy 1 posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2 i warstwę żywicy polimerowej 3 kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu 25 polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą

epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$. Następnie nałożono warstwę włókniny poliestrowej 5 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m^2 . Na warstwę włókniny poliestrowej 5 nałożono kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$. Następnie nałożono drugi z arkuszy blachy 1 posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną 2 i warstwę żywicy polimerowej 3. 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 $+135^{\circ}\text{C}$ oraz w ciśnieniu 0,4 MPa. Wewnątrz komory autoklawu nagrzewano i chłodzono pakiet próżniowy z prędkością $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$. 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 aluminium-szkło w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m^2 . Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm . Warstwa żywicy polimerowej 3 nałożona jest na warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 μm znajdującą się na arkuszu blachy 1 ze

stopu AlCu4Mg1 w stanie utwardzenia T3 o grubości 0,3 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 μm z nałożoną warstwą żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm .

Otrzymany laminat poddano badaniom na uderzenia o niskiej 5 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 - 2260 N, a dla 20 J - 5410 N.

10 **Przykład 2**

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-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 i warstwę żywicy 15 polimerowej o grubości 1 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 5 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m².

20 W wytworzonym laminacie aluminium-szkło w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 9 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych 25 połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które

przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm . Warstwa żywicy polimerowej 3 nałożona jest na warstwę ceramiczną 2 o grubości 12 μm znajdującą się na arkuszu blachy 1 ze stopu AlCu4Mg1 w stanie utwardzenia T3 o grubości 1 mm, który na zewnętrżnej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 12 μm z nałożoną warstwą żywicy polimerowej 3 o grubości 1 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 – 2161 N, a dla 20 J - 5592 N.

Przykład 3

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-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 μm i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 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 aluminium-szkło 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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej 3 o grubości 1
5 μm . Warstwa żywicy polimerowej 3 nałożona jest na warstwę ceramiczną 2 o grubości 10 μm znajdującą się na arkuszu blachy 1 ze stopu AlCu4Mg1 w stanie utwardzenia T3 o grubości 0,5 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 10 μm z nałożoną warstwą żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm .

10 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
15 uderzenia wynosiła dla 5 J – 1940 N, a dla 20 J - 6191 N.


Przykład 4

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-szkło przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa arkusze blachy 1 o grubości 0,5 mm posiadające na obu
20 powierzchniach warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 μm i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia 90°/90°/90°/90° i warstwę włókniny poliestrowej 5
25 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m².

W wytworzonym laminacie aluminium-szkło 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 cztery, jednakowe 5 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej 3 o grubości 1 10 µm. Warstwa żywicy polimerowej 3 nałożona jest na warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 µm znajdującą się na arkuszu blachy 1 ze stopu AlCu4Mg1 w stanie utwardzenia T3 o grubości 0,5 mm, który na zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 µm z nałożoną warstwą żywicy polimerowej 3 o grubości 1 µm.

Otrzymany laminat poddano badaniom na uderzenia o niskiej prędkości poniżej 5 m/s w zakresie energii 5 J i 20 J. Laminat 15 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 – 1923 N, a dla 20 J - 5858 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 Miłczek
Nr ew. 2796