

Laminat aluminium-węgiel i sposób jego wytwarzania

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

5 Z europejskiego zgłoszenia patentowego nr EP2139759 (A1) znany jest 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 kevlarowych, 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 stali, stopów aluminium, 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 stałej struktury.

 Z międzynarodowego zgłoszenia patentowego
25 nr WO2017080841 (A1) znany jest sposób wytwarzania laminatu

składającego się z warstw ze stopu aluminium oraz warstw polimeru termoplastycznego wzmocnionego wytrzymałymi włóknami węglowymi, aramidowymi albo szklanymi, w którym naprzemiennie układa się warstwy stopu aluminium oraz warstwy kompozytowe, 5 wywierając obciążenia w temperaturze od 150-400°C, a następnie chłodząc.

W artykule „Low velocity impact of carbon fiber aluminum laminates” autorstwa Yu, Wu, Ma i Xionga opublikowanego w czasopiśmie „Composite Structures” znany jest laminat, który 10 składa się z naprzemiennie ułożonych warstw aluminium 1060 o grubości 0,27 mm oraz kompozytu polimerowego złożonego z czterech warstw wzmocnionych włóknem węglowym o grubości 0,127 mm każda. Materiały poddano procesowi utwardzania w temperaturze 125°C pod ciśnieniem 0,3 MPa w czasie 1,5 godziny 15 i całkowita grubość laminatu wynosiła 1,81 mm.

Z artykułu „Impact damage growth in carbon fibre aluminum laminates” w czasopiśmie „Composite Structures” autorstwa Bieniasia i Jakubczaka znany jest laminat składający się z dwóch zewnętrznych warstw stopu aluminium 2024-T3 o grubości 0,5 mm oraz 20 umieszczonej w środku warstwy kompozytowej, na którą składają się warstwy polimerowe wzmocnione wysoko- wytrzymałym włóknem węglowym o grubości pojedynczej warstwy 0,13 mm.

Z artykułu „Experimental and Numerical Investigation on Impact Performance of Carbon Reinforced Aluminum Laminates” 25 opublikowanego w czasopiśmie „Journal of Materials Science &

Technology” autorstwa S. H. Song, Y. S. Byuna, T.W. Ku, W. J. Song, J. Kim, B. S. Kang znany jest laminat składający się z naprzemiennie ułożonych warstw ze stopu aluminium 1050 o grubości 0,5 mm oraz kompozytu polimerowo-węglowego o 5 grubości pojedynczej warstwy 0,2 mm. Całkowita grubość laminatu wynosiła 2,3 mm.

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

Istotą laminatu aluminium-węgiel posiadającego od zewnętrznej 10 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 węglowych połączonych żywicą epoksydową, według wynalazku, jest 15 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 20 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 warstwą żywicy polimerowej o grubości 1 μm .

Istotą sposobu wytwarzania laminatu aluminium-węgiel, według wynalazku, jest to, że na dwa arkusze blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadające na obu 5 powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 8 μm do 12 μm nakłada się obustronnie 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 10 w suszarce elektrycznej. Po wysuszeniu nakłada się na jeden z arkuszy blachy ze stopu aluminium o grubości od 0,2 mm do 1 mm posiadający na obu powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 8 μm do 12 μm i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na 15 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 cztery, 20 jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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 powierzchniach warstwę ceramiczną o grubości od 8 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 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową w kierunku ułożenia 5 $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$ 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 aluminium - węgiel o wysokich właściwościach 10 absorpcyjnych w badaniach odporności dynamicznej o niskiej prędkości. Warstwa kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych z żywicą epoksydową łączy się z włókniną poliestrową poprzez utwardzenie w autoklawie. Przesączona żywicą 15 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

20 Sposób wytwarzania laminatu aluminium-węgiel 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 mm x 400 mm i grubości 0,3 mm poddano procesowi utleniania anodowego poprzez metodę elektrochemiczną w wodnym roztworze 25 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, odtłuszczenie alkaliczne, płukanie i trawienie w kąpeli sulfochromowej, płukanie, anodowanie w kwasie chromowym -
5 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 do wysuszenia w temperaturze 23°C. Każdą warstwę ceramiczną 2 o grubości 8 μm wytworzoną na arkuszach blachy 1 powleczono
10 warstwą środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznej żywicy polimerowej o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylo-etylowy - Butanon 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksy-sililo) propyloglicydowy 1%, żywica fenolowo-
15 formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylo-owy 1%, tworząc warstwę żywicy polimerowej 3 o grubości 1 μm . Następnie pozostawiono na czas 30 minut w temperaturze 23°C, po czym suszono w czasie 60 min w temperaturze 121°C w suszarce
20 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 polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia
25 0°/90°/0°/90°. Następnie nałożono warstwę włókniny poliestrowej 5

o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m². Na warstwę włókniny poliestrowej 5 nałożono kolejno cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, w kierunku ułożenia 5 0°/90°/0°/90°. 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 10 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.

15 W wytworzonym laminacie aluminium-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 cztery, jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 20 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 prędkości poniżej 5 m/s w zakresie energii 5 J i 20 J. Laminat 5 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 - 2288 N, a dla 20 J - 3645 N.

Przykład 2

10 Sposób wytwarzania laminatu aluminium-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 i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm , jednakowe warstwy kompozytu 15 polimerowego na bazie włókien węglowych 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.

W wytworzonym laminacie aluminium-węgiel w części 20 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 węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które 25 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 zewnętrznej powierzchni posiada warstwę ceramiczną 2 o grubości 12
5 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
10 warstwę poliestrową. Siła maksymalna uzyskana w badaniach na uderzenia wynosiła dla 5 J – 2188 N, a dla 20 J - 3768 N.

Przykład 3

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-węgiel przebiegał jak w pierwszym przykładzie wykonania, z tym, że wykorzystano dwa
15 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 węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku
20 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-węgiel w części środkowej znajduje się warstwa włókniny poliestrowej 5 o grubości 5 mm i o gramaturze 339 g/m². Do obu powierzchni warstwy
25 włókniny poliestrowej 5 przylegają adhezyjnie cztery, jednakowe

warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych 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 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 .

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 – 1964 N, a dla 20 J - 4172 N.

15 **Przykład 4**

Sposób wytwarzania laminatu aluminium-węgiel 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 8 μm i warstwę żywicy polimerowej o grubości 1 μm , jednakowe warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które ułożono w kierunku ułożenia $90^\circ/90^\circ/90^\circ/90^\circ$ i warstwę włókniny poliestrowej 5 o grubości 3 mm i o gramaturze 339 g/m².

W wytworzonym laminacie aluminium-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 cztery, jednakowe 5 warstwy kompozytu polimerowego na bazie włókien węglowych połączonych żywicą epoksydową 4 o grubości 0,2 mm każda, które przylegają adhezyjnie do warstwy żywicy polimerowej 3 o grubości 1 10 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 – 1947 N, a dla 20 J - 3948 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