RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235435**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **407557**

(22) Data zgłoszenia: **17.03.2014**

(51) Int.Cl.
B32B 15/20 (2006.01)
B32B 15/092 (2006.01)
B32B 15/14 (2006.01)
B32B 37/10 (2006.01)

(54) **Sposób wytwarzania laminatu aluminium-węgiel-aluminium i laminat aluminium-węgiel-aluminium**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
28.09.2015 BUP 20/15

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
10.08.2020 WUP 11/20

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
BARBARA SUROWSKA, Lublin, PL
JAROSŁAW BIENIAŚ, Lublin, PL
ANDRZEJ TRZCIŃSKI, Marysin, PL
MONIKA OSTAPIUK, Lublin, PL
PATRYK JAKUBCZAK, Lublin, PL
KRZYSZTOF MAJERSKI, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 235435 B1

Opis wynalazku

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

Dotychczas znane są laminaty aluminium-szkło-aluminium Glare® oraz aluminium-kevlar-aluminium Arall®. Poszukiwanie nowych rozwiązań technologicznych czy materiałowych uwarunkowane jest dążeniem do minimalizacji kosztów wytwarzania z zachowaniem właściwej jakości wyrobu oraz opracowaniu nowych materiałów konstrukcyjnych o świadomie konstytuowanych właściwościach. Nowoczesne rozwiązania materiałowe, które mogą być zastosowane w lotnictwie powinny bazować na wyższej odporności na wytrzymałość i atrakcyjności zarówno pod względem bezpieczeństwa jak i względów ekonomicznych. Połączenie aluminium i warstwy kompozytu polimerowego na bazie żywicy epoksydowej i włókien węglowych posiada korzystne właściwości wytrzymałościowe, w szczególności dzięki wysokiej sztywności włókien węglowych oraz właściwości odpornościowych na uderzenia.

Znane są z polskich opisów patentowych nr PL162006 i PL183754 metody wytwarzania laminatów i laminaty, jednakże dotyczą one laminatów polimer-metal-polimer i tytan-ceramika.

Z patentu europejskiego nr EP0056288 znany jest laminat warstwowy zawierający dwie cienkie blachy aluminium po obróbce cieplnej oraz kompozyt polimerowy na bazie włókien kevlarowych, które charakteryzują się wysoką wartością modułu sprężystości pomiędzy 50 GPa a 250 GPa. Autorzy patentów opisali sposób wytwarzania laminatu jako naprzemienne ułożenie kilku warstw materiału organicznego i aluminium. Materiały tego typu bazujące na organicznych włóknach nie mogą być stosowane w wysokich temperaturach, zazwyczaj powyżej 120°C do 130°C.

Europejski patent nr EP0312150 opisuje wykorzystanie włókien węglowych, aramidowych, polietylenowych lub szklanych w formie włókien ciągłych ułożonych równolegle do siebie, w co najmniej jednym kierunku w połączeniu z warstwą kleju termoplastycznego.

W europejskim zgłoszeniu patentowym nr EP0323660 zastrzeżony jest proces wytwarzania elementów w konstrukcjach kadłuba samolotu zawierających wielowarstwową płytę kompozytową wytworzoną z użyciem żywic termoutwardzalnych, na bazie żywic epoksydowych. Dla opisywanych kompozytowych płyt laminatów określa się te kompozyty jako Glare®.

W zgłoszeniu patentowym europejskim nr EP0312151 opisane jest wykorzystanie wielowarstwowego laminatu na bazie włókien szklanych do wykorzystania w przemyśle lotniczym i kosmonautyce.

Aktualny stan wiedzy na temat procesów wytwarzania, charakterystyki i zastosowania złożonych laminatów zawierających aluminium-włókna szklane został opisany między innymi w artykule „Fibre Metal Laminates for High Capacity Aircraft", przez A. Vlot, L. B. Vogelesangand T. J. de Vries, 30th International SAMPE Technical Conference, październik 20 24, 1998, strona 456–470, jak również w artykule "The Residual Strength of Fibre Metal Laminates: Glare 2 and Glare 3", by C. A. J. R. Vermeeren, 30th International SAMPE Technical Conference, Październik 20 24, 1998, strony 471–482. Natomiast w artykule „A review on the development and properties of continuous fiber/epoxy/aluminum hybrid composites for aircraft structures" Edsona Cocchieri Botelho, i innych, Materials Research, Vol. 9, No. 3, str. 247–256, 2006, autorzy przedstawili laminaty metalowo-włókniste, opisując wytwarzanie oraz porównanie właściwości wytrzymałościowych. Laminaty aluminium-włókna węglowe wykazały wyższą wartość modułu Younga niż laminaty zawierające włókna szklane, która wyniosła 58.9±2 GPa, natomiast wytrzymałość na rozciąganie wynosiła około 420 MPa.

Kompozytowe laminaty wielowarstwowe zazwyczaj składają się z N cienkich blach stopu aluminium poddanych anodowaniu w kwasach chromowym, siarkowym czy fosforowym ułożonych naprzemiennie z N-1 warstwami żywicy epoksydowej wzmacnianej włóknami szklanymi. Arkusze zawierające włókna węglowe przesączone żywicą mogą być nazywane „prepregami". Blachy aluminiowe układane naprzemiennie z warstwami polimerowymi wzmacnianymi włóknami węglowymi w taki sposób, że po zewnętrznych stronach gotowego laminatu znajdują się arkusze aluminiowe tworząc wielowarstwowy laminat kompozytowy. W laminatach wykorzystane są zazwyczaj stopy aluminium opisane w normie PN-EN 573-3 i PN-79/H-82160 należące do serii 2xxx i 7xxx, a szczególnie stop 2024 EN-AW AlCu4Mg1 w stanie T3. Grubość omawianych cienkich blach stopu aluminium wynosi 0,3 mm i 0,5 mm.

Istotą sposobu wytwarzania laminatu aluminium-węgiel aluminium, według wynalazku, **jest to**, **że** dwa arkusze blachy aluminiowej o grubości od 0,3 mm do 0,5 mm poddaje się procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego lub kwasu siarkowego, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nakłada się warstwę środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych

żywic polimerowych. Następnie na jedną z blach aluminiowych nakłada się kolejno po sobie cztery warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0° lub może być inna konfiguracja +45/+45/-45/-45°, przykrywając drugą blachą aluminiową, po czym nałożone na siebie warstwy układa się na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odsysa się powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Następnie całość utwardza się w komorze autoklawu w zakresie temperatur od 135°C do 180°C oraz ciśnieniu w zakresie 0,4 do 0,7 MPa w czasie od 4 do 6 h, przy czym nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiega z prędkością 2°C/min.

Istotą laminatu aluminium-węgiel-aluminium, według wynalazku, **jest to**, **że** składa się z dwóch arkuszy blachy aluminiowej o grubości od 0,3 mm do 0,5 mm, które pokryte są od wewnętrznej strony warstwą anodowaną. Na warstwie anodowanej znajduje się warstwa środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych, a pomiędzy warstwami znajduje się kompozyt epoksydowo-węglowy utworzony z czterech warstw epoksydowo-węglowych o grubości każda 0,131 mm.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest otrzymanie laminatu o wysokich właściwościach wytrzymałości na rozciąganie, nie posiadający porowatości oraz tym, że do blachy aluminiowej poddanej anodowaniu z nałożonym środkiem uaktywniającym powierzchnię dobrze przylega warstwa kompozytu epoksydowo-węglowego.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania został przedstawiony na rysunku, na którym widoczny jest przekrój poprzeczny laminatu aluminium-węgiel-aluminium.

P r z y k ł a d 1

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,3 mm poddano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego metodą elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, odtłuszczanie alkaliczne, płukanie i trawienie w kąpieli sulfochramowej, płukanie, anodowanie w kwasie chromowym (bezwodnik kwasu chromowego) w temperaturze 38°–42°C przy napięciu ≈20V oraz w czasie ≈45minut, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1--metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0° przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +135°C oraz ciśnieniu 0,4 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie 4 godzin Chłodzenie następowało z prędkością 2°C/min. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young' 100 GPa i wytrzymałość na rozciąganie 1200 MPa.

P r z y k ł a d 2

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm podano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego Metodę elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, odtłuszczanie alkaliczne, płukanie i trawienie w kąpieli sulfochromowej, płukanie, anodowanie w kwasie chromowym (bezwodnik kwasu chromowego) w temperaturze 38°–42°C przy napięciu ≈20V oraz w czasie ≈45 minut, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0°, przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +135°C oraz ciśnieniu 0,4 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 4 godzin. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young'a 90GPa i wytrzymałość na rozciąganie 1000 MPa.

P r z y k ł a d 3

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm poddano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego metodą elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, odtłuszczanie alkaliczne, płukanie i trawienie w kąpieli sulfochromowej, płukanie, anodowanie w kwasie chromowym (bezwodnik kwasu chromowego) w temperaturze 38°–42°C przy napięciu ≈20 V oraz w czasie ≈45 minut, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1--metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych +45/+45/-45/-45° przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu temperaturze +135°C oraz ciśnieniu 0,4 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 4 godzin. Chłodzenie następuje z prędkością 2°C/min. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young' a 50 GPa i wytrzymałość na rozciąganie od 320 MPa.

P r z y k ł a d 4

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm poddaje się procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu siarkowego, metodę elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24 V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 10 μm po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0°, przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +135°C oraz ciśnieniu w 0,4 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 4 godzin Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young'a 80 GPa i wytrzymałość na rozciąganie 1000 MPa.

P r z y k ł a d 5

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,3 mm poddano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego metodą elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24 V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0° przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +180°C oraz ciśnieniu 0,7 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C /min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie 6 godzin. Chłodzenie następowało z prędkością 2°C/min. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young' 95 GPa i wytrzymałość na rozciąganie 1500 MPa.

P r z y k ł a d 6

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,3 mm poddano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego metodą elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24 V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych +45/+45/-45/-45° przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu temperaturze +180°C oraz ciśnieniu 0,7 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 6 godzin. Chłodzenie następuje z prędkością 2°C/min. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young'a 45 GPa i wytrzymałość na rozciąganie 340 MPa.

P r z y k ł a d 7

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm podano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego metodą elektrochemiczną, czyli anodowanie, gdzie dla kwasu chromowego przebiega w sposób następujący: oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24 V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 20 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%,

żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3- (trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0°, przykrywając drugą blachą aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +180°C oraz ciśnieniu 0,7 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 6 godzin. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young' a 85GPa i wytrzymałość na rozciąganie 1100 MPa.

P r z y k ł a d 8

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm poddaje się procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu siarkowego, metodą elektrochemiczną poprzez, oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 10 μm, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

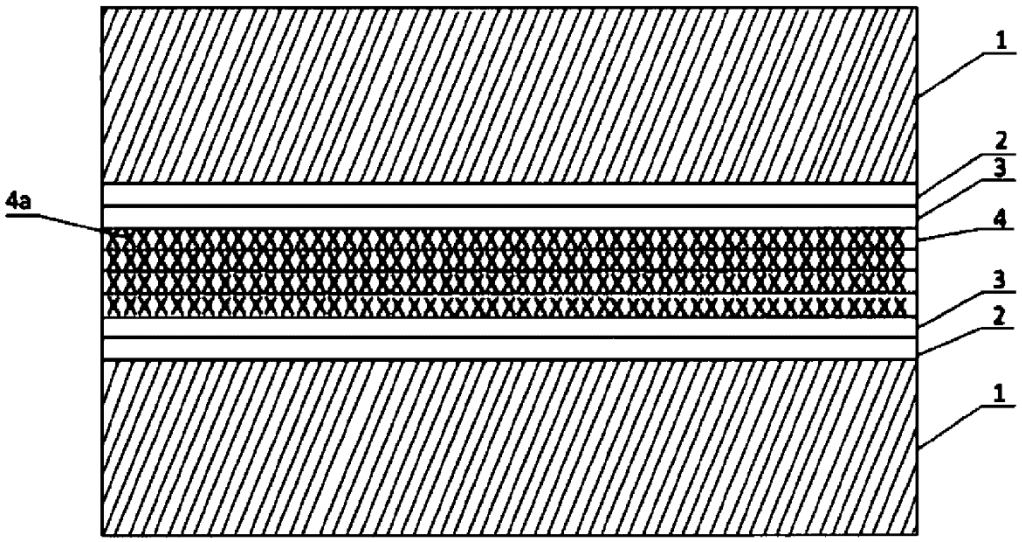
Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0°, przykrywając drugą blachą 1 aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa. Całość utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze +180°C oraz ciśnieniu w 0,7 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 6 godzin. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young'a 80 GPa i wytrzymałość na rozciąganie od 1100 MPa.

P r z y k ł a d 9

Dwa arkusze blachy 1 aluminiowej o wymiarach 300 x 400 mm i grubości 0,5 mm poddano procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu siarkowego metodą elektrochemiczną poprzez, oczyszczenie i odtłuszczanie wstępne blach aluminiowych, trawienie w wodorotlenku sodu, płukanie, rozjaśnianie w kwasie azotowym (V), płukanie, anodowanie w kwasie siarkowym w temperaturze 10–15°C, przy napięciu 13–24 V w czasie 19–24 minut, płukanie, wypełnianie dwuchromianem potasu, płukanie i suszenie, gdzie warstwa porowata zawiera warstwę porów o wielkości 10 μm po czym na powierzchnię blach aluminiowych nałożono warstwę 3 środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych o udziale masowym alkohol diacetonowy 35%, keton metylowo-etylowy (Butanon) 25%, tetrahydrofuran 20%, 1-metoksypropan-2-ol 5%, żywica epoksydowa 5%, woda 5%, eter 3-(trimetoksysililo) propyloglicydylowy 1%, żywica fenolowo-formaldehydowa 1%, eter glicydowy polimeru fenolowo-formaldehydowego 1%, chromian strontu (VI) 1%, alkohol metylowy 1%.

Następnie na jedną z blach aluminiowych nałożono kolejno po sobie cztery warstwy 4a kompozytu 4 epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych +45/+45/-45/-45°C, przykrywając drugą blachą 1 aluminiową. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odessano powietrze do podciśnienia 0,08 MPa, Całość utwardzono w komorze autoklawu temperaturze +180° C oraz ciśnieniu 0,7 MPa. Nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiegało z prędkością 2°C/min. Cały proces utwardzania z nagrzewaniem i chłodzeniem przebiegał w czasie około 6 godzin. Chłodzenie następuje z prędkością 2°C/min. Po zakończeniu procesu utwardzania otrzymano laminat aluminium-węgiel-aluminium. Laminat charakteryzuje się takimi parametrami wytrzymałościowymi jak: moduł Young'a 50 GPa i wytrzymałość na rozciąganie 380 MPa.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania laminatu aluminium-węgiel-aluminium, **znamienny tym**, że dwa arkusze blachy (1) aluminiowej o grubości od 0,3 mm do 0,5 mm poddaje się procesowi utleniania anodowego w wodnym roztworze kwasu chromowego lub kwasu siarkowego, po czym na powierzchnię blach aluminiowych nakłada się warstwę (3) środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych, następnie na jedną z blach aluminiowych nakłada się kolejno po sobie cztery warstwy (4a) kompozytu (4) epoksydowo-węglowego o grubości każda 0,131 mm w kierunkach ułożenia włókien węglowych 0/0/0/0°C lub może być inna konfiguracja +45/+45/-45/-45°, przykrywając drugą blachą aluminiową, po czym nałożone na siebie warstwy układa się na formie aluminiowej i za pomocą pakietu próżniowego odsysa się powietrze do podciśnienia 0,08 MPa, a następnie całość utwardza się w komorze autoklawu w zakresie temperatur od 135°C do 180°C oraz ciśnieniu w zakresie 0,4 do 0,7 MPa w czasie od 4 do 6 h, przy czym nagrzewanie i chłodzenie wewnątrz komory autoklawu przebiega z prędkością 2°C/min.
2. Laminat aluminium-węgiel-aluminium, **znamienny tym**, że składa się z dwóch arkuszy blachy (1) aluminiowej o grubości od 0,3 mm do 0,5 mm, które pokryte są od wewnętrznej strony warstwą (2) anodowaną, zaś na warstwie (2) anodowanej znajduje się warstwa (3) środka uaktywniającego powierzchnię na bazie syntetycznych żywic polimerowych, a pomiędzy warstwami (3) znajduje się kompozyt (4) epoksydowo-węglowy utworzony z czterech warstw (4a) epoksydowo-węglowych o grubości każda 0,131 mm.

Rysunek