

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242516 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **432772**

(22) Data zgłoszenia: **2020.01.31**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.08.10 BUP 17/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.06 WUP 10/2023**

(51) MKP:

**B32B 15/092** (2006.01)

**B32B 27/38** (2006.01)

**B32B 37/02** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL**  
**Instituto Superior Técnico, Lizbona, PT**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MONIKA OSTAPIUK, Lublin, PL**  
**ANA CLARA LOPES MARQUES,**  
**Moscavide-Portela, PT**  
**BARBARA SUROWSKA, Lublin, PL**  
**JAROSŁAW BIENIAŚ, Dąbrowica, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Tomasz Milczek, Lublin, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel**

**PL 242516 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel.

Dotychczas znane są laminaty na bazie aluminium z warstwami epoksydowymi z włóknami szklanymi, aramidowymi i węglowymi. Obecnie stosowane są w lotnictwie laminaty pod nazwą Glare® na bazie stopu aluminium z warstwą polimerową z włóknami szklanymi. Aktualnie poszukiwane są nowe rozwiązania technologiczne i materiałowe związane z dążeniem do obniżenia kosztów eksploatacji szczególnie w przemyśle lotniczym, gdzie paliwo generuje duże koszty. Ponadto dąży się, aby nowe materiały były lżejsze od poprzednich, przy zachowaniu tych samych, bądź korzystniejszych właściwości wytrzymałościowych i korozyjnych. Połączenie warstw magnezu i kompozytu epoksydowo-węglowego posiada korzystne właściwości wytrzymałościowe, szczególnie dzięki wysokiej sztywności włókien węglowych, a magnezu dzięki lekkości jako stopu metalu nieżelaznego. Problem w tym przypadku może stanowić występujące zjawisko korozji galwanicznej.

Znane są z polskich opisów patentowych nr PL162006 (B1) i PL 183754 (B1) metody wytwarzania laminatów i laminaty, jednakże dotyczą one laminatów polimer-metal-polimer i tytan-ceramika. Ponadto patenty polskie nr PL232952 (B1) i PL232870 (B1) opisują laminat metalowo:polimerowy na bazie stopu tytanu. Polskie zgłoszenie patentowe nr PL407557 (A1) opisuje sposób wytwarzania i laminat aluminium-węgiel-aluminium.

Znany jest również z europejskiego zgłoszenia patentowego nr EP0312151 (A1) laminat metalowo-włóknisty złożony z naprzemiennie ułożonych i połączonych adhezyjnie cienkich blach metalowych oraz warstw kompozytu wzmacnianego włóknami szklanymi w osnowie polimerowej. Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US4500589 (A) znany jest laminat metalowo-włóknisty złożony z blach aluminiowych oraz warstw włókien aramidowych połączonych ze sobą za pomocą środka adhezyjnego. Natomiast ze zgłoszenia europejskiego nr EP2143559 (A1) znany jest materiał na bazie stopu magnezu i metoda wytwarzania.

Aktualny stan wiedzy na temat charakterystyki, procesów wytwarzania i zastosowania laminatów zawierających magnez i włókna węglowe został opisany w artykule „Zachowanie przy zginaniu laminatów hybrydowych CFRP / Mg o różnych grubościach warstw” przez M. C. Kuo i J. C. Huang w *Key Engineering Materials* vol. 274–276 (2004) str. 1153–11, jak również „Wytwarzanie wysokowydajnych kompozytów laminowanych magnezowo-węglowych / PEEK” przez X. Wu, Y. Pan, G. Wu, Z. Huang, R. Tian, S. Sun w *Advanced Composites Letters*, Vol. 26, Iss. 5, 2017 str. 168–172. Sposób przygotowania warstwy na magnezie i badania wytrzymałości zostały przedstawione w artykule „Wpływ przygotowania powierzchni na wytrzymałość międzywarstwową Mode I i Mode II laminatów CFRP / Mg” przez Y. Pan, G. Wu, Z. Huang, M. Li, S. Ji, Z. Zhang w *Surface & Coatings Technology* 319 (2017) na str. 309–317.

Niestety takie połączenie niesie za sobą ryzyko powstania korozji galwanicznej pomiędzy warstwą magnezu i kompozytu epoksydowo-węglowego, stąd poszukiwane są warstwy zabezpieczające i izolujące od siebie te warstwy. W ostatnich latach zaczęto rozwijać warstwy samonaprawiające się w odniesieniu do zabezpieczeń antykorozyjnych. Materiały samonaprawiające się należą do grupy materiałów inteligentnych, które zmieniają swoje właściwości w kontrolowany sposób w odpowiedzi na działanie bodźca zewnętrznego.

Obecnie jako materiał samonaprawiający się stosowane są mikrokapsułki zawierające środek naprawczy, które osadza się w matrycy polimerowej. Gdy w matrycy polimerowej powstają pęknięcia, środek naprawczy jest uwalniany z mikrokapsułek w celu sieciowania i naprawy pęknięć. Mikrokapsułkowanie środka naprawczego w rdzeniu można osiągnąć przez polimeryzację materiału otoczki jak opisują A. Adamus-Włodarczyk, E. Irzmańska, B. Brycki w artykule „Aktualny stan wiedzy o polimerach zdolnych do samonaprawy w aspekcie aplikacji do całogumowych rękawic ochronnych” w *POLIMERY* 2018, 63, nr 7–8 str. 495–502.

Wykazano w artykule „Aplikacje mikrokapsułek jako samonaprawiające się materiały polimerowe” S.N. Gan i N. Shahabudin w rozdziale książki „Mikrokapsułkowanie – procesy, technologie i przemysłowe zastosowania”, że mikrokapsułki wytwarzane przez mikrokapsułkowanie środka naprawczego w moczniku-formaldehydowym – UF, melaminie-formaldehydowej/melaminie-moczniku-formaldehydowym MF/MUF i mikrokapsułkach z poliuretanu – PU są w stanie wytrzymać warunki przetwarzania w żywicach termoutwardzalnych oraz w materiałach kompozytowych.

W zabezpieczeniach przed korozją rozwijane są warstwy samonaprawiające się zawierające mikrokapsułki na przykład te opisane w amerykańskim zgłoszeniu patentowym nr US20130196071 (A1) „Mikrokapsułkowanie reaktywnych diizocyjanianów i zastosowanie do samonaprawiających się powłok

antykorozyjnych”, który opisuje mikrokapsułkę poliuretanową składającą się z produktu polimeryzacji prepolimeru diizocyjanianu metylenodifenyłu (MDI) z poliiolem, przy czym mikrokapsułka poliuretanowa zawiera w środku również ciekły związek izocyjanianowy zamknięty w tej mikrokapsułce. Ujawnienie zapewnia również samonaprawiające się kompozycje powłokowe zawierające takie polimerowe mikrokapsułki i sposoby zapobiegania lub spowalniania korozji przy użyciu takich kompozycji powłokowych.

W artykule „Mikrokapsułkowanie izoforonu diizocyjanianu (IPDI) dla klejów jednoskładnikowych: działanie aktywnych mono-komponentów H i NCO” Mahboobeh Attaei, Mónica V. Loureiro, Mário Do Vale, José A. D. Condeço, Isabel Pinho, João C. Bordado i Ana C. Marques w *Polymers* 2018, 10(8), 825; opisano proces wytwarzania mikrokapsulek i ich skład. Mikrokapsułki zawierają powłokę poliuretanową – PU i zawarty w środku diizocyjanian izoforonu, które są przyjazne środowisku i mają zdolności samonaprawiające się w połączeniu z innymi komponentami np. metalem lub gumą.

Celem wynalazku jest sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel z warstwą samonaprawiającą się.

Istotą sposobu wytwarzania laminatu magnez-węgiel, w którym wytwarza się warstwy anodowe na arkuszach blachy magnezowej i wykorzystuje się mikrokapsułki, z których każda składa się z powłoki poliuretanowej z poliizocyjanuranu diizocyjanianu toluenu w octanie etylu w ilości 48,8% wagowo i wypełnienia z izocjanatu diizocyjanianu izoforonu w ilości 51,2% wagowo, według wynalazku, jest to, że wytworzone warstwy anodowe o grubości od 5  $\mu\text{m}$  do 20  $\mu\text{m}$ , korzystnie 8  $\mu\text{m}$  na obu powierzchniach arkuszy blachy magnezowej o grubości od 0,25 mm do 0,5 mm, korzystnie 0,3 mm, powleka się mieszaniną samonaprawiającą się, składającą się z mikrokapsulek o wielkości od 5  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , korzystnie 10  $\mu\text{m}$ , wymieszanych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej od 0,5 mg do 5 mg, korzystnie 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej i pozostawia się do połączenia adhezyjnego w czasie 24 godzin w temperaturze 23°C. Po tym czasie otrzymuje się warstwy samonaprawiające się o grubości od 5  $\mu\text{m}$  do 0,25 mm, korzystnie 35  $\mu\text{m}$  każda, składające się z mikrokapsulek o wielkości od 5  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , korzystnie 10  $\mu\text{m}$ , połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej od 0,5 mg do 5 mg, korzystnie 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Na jedną z powierzchni warstw samonaprawiających się nakłada się cztery jednakowe, sklejone ze sobą warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda. Z kolei na niepołączoną z warstwą samonaprawiającą się powierzchnię sklejonych ze sobą warstw kompozytu epoksydowo-węglowego, nakłada się arkusz blachy magnezowej z warstwami anodowymi i warstwami samonaprawiającymi się. Następnie poddaje się nałożone na siebie warstwy procesowi polimeryzacji.

Korzystnie jest, gdy nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia 0°/0°/0°/0°.

Korzystnie jest, gdy nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia +45°/-45°/-45°/+45°.

Korzystnie jest, że nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia 0°/0°/90°/90°.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że otrzymuje się laminat magnez-węgiel o wysokich właściwościach antykorozyjnych oraz wysokich właściwościach wytrzymałościowych, oraz tym, że do anodowanej blachy magnezowej z warstwą samonaprawiającą się dobrze przylega warstwa kompozytu epoksydowo-węglowego. Laminat zawiera warstwę samonaprawiającą się, która odbudowuje mikropęknięcia oraz zapobiega występowaniu zmian korozyjnych, a także stanowi warstwę izolującą anodowany magnez od warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na schematycznym rysunku, który przedstawia przekrój poprzeczny laminatu magnez-węgiel z warstwami samonaprawiającymi się.

We wszystkich przykładach wykonania wykorzystano mikrokapsułki. Każda mikrokapsułka składała się z powłoki poliuretanowej z poliizocyjanuranu diizocyjanianu toluenu w octanie etylu w ilości 48,8% wagowo i wypełnienia z izocjanatu diizocyjanianu izoforonu w ilości 51,2% wagowo.

#### Przykład 1

Sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel polegał na tym, że wyczyszczono papierem ściernym o gradacji 500 i odtłuszczono w acetonie oba arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,3 mm. Następnie aktywowano powierzchnię arkuszy 3 blachy magnezowej w 10% roztworze kwasu fluorowodorowym i płukano w wodzie w czasie 5 minut. Potem anodowano arkusze 3 blachy magnezowej w przemysłowym roztworze alkalicznym składającym się z krzemianu sodu w ilości wagowej 5% i wody w ilości wagowej 95% roztworu o pH 10. Czas procesu wynosił 10 minut, gęstość prądu 5 A/dm<sup>2</sup>,

a napięciu do 400 V. Po procesie anodowania płukano w wodzie arkusze 3 blachy magnezowej przez 5 minut i pozostawiono do wysuszenia w temperaturze 23 °C. Wytworzono warstwy 2 anodowe o grubości 5 µm na obu powierzchniach arkuszy 3 blachy magnezowej, które następnie powleczono mieszaniną samonaprawiającą składającą się z mikrokapsulek 4 o wielkości 5 µm wymieszanych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 0,5 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Po powleczeniu mieszaniną samonaprawiającą się pozostawiono wyrób do połączenia adhezyjnego w czasie 24 godzin w temperaturze 23°C. Po tym czasie otrzymano warstwy 1 samonaprawiające się o grubości 5 µm każda, składające się z mikrokapsulek 4 o wielkości 5 µm połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 0,5 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Na jedną z powierzchni warstw 1 samonaprawiających się nałożono cztery jednakowe, sklejone ze sobą warstwy 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda. Włókna węglowe w czterech warstwach 5 kompozytu epoksydowo-węglowego ułożono w kierunku 0°/0°/0°/0°. Następnie na niepołączoną z warstwą 1 samonaprawiającą się powierzchnię sklejonych ze sobą warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego nałożono arkusz 3 blachy magnezowej z warstwami 2 anodowymi i warstwami 1 samonaprawiającymi się. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej, następnie za pomocą pakietu próżniowego odessano wewnętrzne powietrze z pakietu próżniowego do podciśnienia 0,08 MPa. Pakiet próżniowy utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze 135°C, pod ciśnieniem 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. Całość schłodzono do temperatury 23°C.

Laminat poddano badaniom na ścinanie międzywarstwowe w próbie 3-punktowego zginania i siła maksymalna wynosiła 675 N. Po 24 h od wykonanej próby na zginanie, zauważono, że pomiędzy warstwą anodową na magnezie, a warstwą kompozytu epoksydowo-węglowego znajdującą się w warstwie samonaprawiającej się mikrokapsułki uwolniły zawartość substancji samonaprawiającej się. Otrzymany laminat magnez-węgiel charakteryzował się wysokimi właściwościami antykorozyjnymi oraz wysokimi właściwościami wytrzymałościowymi. Ponadto warstwa samonaprawiająca się wewnątrz laminatu posiada właściwości nieprzewodzące i tym samym jest warstwą zabezpieczającą przed zjawiskiem korozji.

#### Przykład 2

Sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel polegał na tym, że wyczyszczono papierem ściernym o gradacji 500 i odtłuszczono w acetonie oba arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,5 mm. Następnie aktywowano powierzchnię arkuszy 3 blachy magnezowej w 10% roztworze kwasu fluorowodorowym i płukano w wodzie w czasie 5 minut. Potem anodowano arkusze 3 blachy magnezowej w przemysłowym roztworze alkalicznym składającym się z krzemianu sodu w ilości wagowej 5% i wody w ilości wagowej 95% roztworu o pH 10. Czas procesu wynosił 10 minut, gęstość prądu 5 A/dm<sup>2</sup>, a napięcie do 400 V. Po procesie anodowania płukano w wodzie arkusze 3 blachy magnezowej przez 5 minut i pozostawiono do wysuszenia w temperaturze 23°C. Wytworzono warstwy 2 anodowe o grubości 20 µm na obu powierzchniach arkuszy 3 blachy magnezowej, które następnie powleczono mieszaniną samonaprawiającą składającą się z mikrokapsulek 4 o wielkości 100 µm wymieszanych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 5 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Po powleczeniu mieszaniną samonaprawiającą się pozostawiono wyrób do połączenia adhezyjnego w czasie 24 godzin w temperaturze 23°C. Po tym czasie otrzymano warstwy 1 samonaprawiające się o grubości 0,25 mm każda, składające się z mikrokapsulek 4 o wielkości 100 µm połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 5 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Na jedną z powierzchni warstw 1 samonaprawiających się nałożono cztery jednakowe, sklejone ze sobą warstwy 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda. Włókna węglowe w czterech warstwach 5 kompozytu epoksydowo-węglowego ułożono w kierunku +45°/-45°/-45°/+45°. Następnie na niepołączoną z warstwą 1 samonaprawiającą się powierzchnię sklejonych ze sobą warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego nałożono arkusz 3 blachy magnezowej z warstwami 2 anodowymi i warstwami 1 samonaprawiającymi się. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej, następnie za pomocą pakietu próżniowego odessano wewnętrzne powietrze z pakietu próżniowego do podciśnienia 0,08 MPa. Pakiet próżniowy utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze 135°C, pod ciśnieniem 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. Całość schłodzono do temperatury 23°C.

Laminat poddano badaniom na ścinanie międzywarstwowe w próbie 3-punktowego zginania i siła maksymalna wynosiła 675 N. Po 24 h od wykonanej próby na zginanie, zauważono, że pomiędzy warstwą anodową na magnezie, a warstwą kompozytu epoksydowo-węglowego znajdujące się w warstwie samonaprawiającej się mikrokapsułki uwolniły zawartość substancji samonaprawiającej się. Otrzymany laminat magnez-węgiel charakteryzował się wysokimi właściwościami antykorozyjnymi oraz wysokimi właściwościami wytrzymałościowymi. Ponadto warstwa samonaprawiająca się wewnątrz laminatu posiada właściwości nieprzewodzące i tym samym jest warstwą zabezpieczającą przed zjawiskiem korozji.

#### Przykład 3

Sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel polegał na tym, że wyczyszczono papierem ściernym o gradacji 500 i odtłuszczono w acetonie oba arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,25 mm. Następnie aktywowano powierzchnię arkuszy 3 blachy magnezowej w 10% roztworze kwasu fluorowodorowym i płukano w wodzie w czasie 5 minut. Potem anodowano arkusze 3 blachy magnezowej w przemysłowym roztworze alkalicznym składającym się z krzemianu sodu w ilości wagowej 5% i wody w ilości wagowej 95% roztworu o pH 10. Czas procesu wynosił 10 minut, gęstość prądu 5 A/dm<sup>2</sup>, a napięcie do 400 V. Po procesie anodowania płukano w wodzie arkusze 3 blachy magnezowej przez 5 minut i pozostawiono do wysuszenia w temperaturze 23°C. Wytworzono warstwy 2 anodowe o grubości 8 μm na obu powierzchniach arkuszy 3 blachy magnezowej, które następnie powleczono mieszaniną samonaprawiającą składającą się z mikrokapsułek 4 o wielkości 10 μm wymieszanych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Po powleczeniu mieszaniną samonaprawiającą się pozostawiono wyrób do połączenia adhezyjnego w czasie 24 godzin w temperaturze 23°C. Po tym czasie otrzymano warstwy 1 samonaprawiające się o grubości 35 μm każda, składające się z mikrokapsułek 4 o wielkości 10 μm połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej. Na jedną z powierzchni warstw 1 samonaprawiających się nałożono cztery jednakowe, sklejone ze sobą warstwy 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda. Włókna węglowe w czterech warstwach 5 kompozytu epoksydowo-węglowego ułożono w kierunku 0°/0°/90°/90°. Następnie na niepołączoną z warstwą 1 samonaprawiającą się powierzchnię sklejonych ze sobą warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego nałożono arkusz 3 blachy magnezowej z warstwami 2 anodowymi i warstwami 1 samonaprawiającymi się. Nałożone na siebie warstwy ułożono na formie aluminiowej, następnie za pomocą pakietu próżniowego odessano wewnętrzne powietrze z pakietu próżniowego do podciśnienia 0,08 MPa. Pakiet próżniowy utwardzono w komorze autoklawu w temperaturze 135°C, pod ciśnieniem 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 godzin. Całość schłodzono do temperatury 23°C.

Laminat poddano badaniom na ścinanie międzywarstwowe w próbie 3-punktowego zginania i siła maksymalna wynosiła 675 N. Po 24 h od wykonanej próby na zginanie, zauważono, że pomiędzy warstwą anodową na magnezie, a warstwą kompozytu epoksydowo-węglowego znajdujące się w warstwie samonaprawiającej się mikrokapsułki uwolniły zawartość substancji samonaprawiającej się. Otrzymany laminat magnez-węgiel charakteryzował się wysokimi właściwościami antykorozyjnymi oraz wysokimi właściwościami wytrzymałościowymi. Ponadto warstwa samonaprawiająca się wewnątrz laminatu posiada właściwości nieprzewodzące i tym samym jest warstwą zabezpieczającą przed zjawiskiem korozji.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania laminatu magnez-węgiel, w którym wytwarza się warstwy anodowe na arkuszach blachy magnezowej i wykorzystuje się mikrokapsułki, z których każda składa się z powłoki poliuretanowej z poliiizocyanuranu diizocyanianu toluenu w octanie etylu w ilości 48,8% wagowo i wypełnienia z izocjanatu diizocyanianu izoforonu w ilości 51,2% wagowo, **znamienny tym**, że wytworzone warstwy (2) anodowe o grubości od 5 μm do 20 μm, korzystnie 8 μm na obu powierzchniach arkuszy (3) blachy magnezowej o grubości od 0,25 mm do 0,5 mm, korzystnie 0,3 mm, powleka się mieszaniną samonaprawiającą się, składającą się z mikrokapsułek (4) o wielkości od 5 μm do 100 μm, korzystnie 10 μm, wymieszanych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej od 0,5 mg do 5 mg, korzystnie 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej i pozostawia się do połączenia adhezyjnego w czasie 24 godzin w temperaturze 23°C, po tym czasie otrzymuje

się warstwy (1) samonaprawiające się o grubości od 5  $\mu\text{m}$  do 0,25 mm, korzystnie 35  $\mu\text{m}$  każda, składające się z mikrokapsulek (4) o wielkości od 5  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , korzystnie 10  $\mu\text{m}$ , połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej w ilości wagowej od 0,5 mg do 5 mg, korzystnie 3 mg na 100 ml środka adhezyjnego na bazie żywicy epoksydowej i na jedną z powierzchni warstw (1) samonaprawiających się nakłada się cztery jednakowe, sklejone ze sobą warstwy (5) kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda, po czym na niepołączoną z warstwą (1) samonaprawiającą się powierzchnię sklejoną ze sobą warstw (5) kompozytu epoksydowo-węglowego, nakłada się arkusz (3) blachy magnezowej z warstwami (2) anodowymi i warstwami (1) samonaprawiającymi się, a następnie poddaje się nałożone na siebie warstwy procesowi polimeryzacji.

2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy (5) kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia  $0^\circ/0^\circ/0^\circ/0^\circ$ .
3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy (5) kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia  $+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ$ .
4. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że nakłada się na siebie cztery jednakowe warstwy (5) kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda o kierunku ułożenia  $0^\circ/0^\circ/90^\circ/90^\circ$ .

### Rysunek

