

## **Laminat magnez-węgiel**

Przedmiotem wynalazku jest laminat 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 PL183754 (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 kompozyt wzmacniany włóknami węglowymi/magnez 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 / polieteroeteroeton” 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 w trybie otwartym i trybie przesuwym laminatów kompozyt wzmacniany włóknami węglowymi / magnez” 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.

Mikrocząstki zalicza się do lekkiej frakcji glinokrzemianów jak podaje w artykule Lachowski, A. „Hybrydowe mikrocząstki krzemionka- substancja biologicznie czynna otrzymywane metodą zol-żel i suszenia” w *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* 2004 Tom 25, zeszyt 3/2 str. 1255-1260. W artykule Suri S., Ruan G., Winter J. I Schmidt C.E. “Rozdział 1.2.19 – Mikrocząstki i Nanocząstki” w *Biomaterials Science - 3 edycja w An Introduction to Materials in Medicine* 2013, strony 360-388 przedstawili zakres określający wielkość i charakterystykę mikrocząstek, które są stosowane w naukach inżynierskich i biomedycynie. Ponadto w artykule tym podano, że dzięki kształtowi zbliżonemu do kuli oraz znikomej porowatości otwartej, ziarna mikrocząstek posiadają niewielką powierzchnię właściwą. Natomiast w artykule Dragosavac M.M., Vladisavljević G.T., Holdich R.G., Stillwell M.T., „Wytwarzanie porowatych mikrocząstek krzemianowych w procesie emulgacji

membranowej” w Langmuir 2012, 28,1, str. 134-143 przedstawiony został sposób wytwarzania w kontrolowany sposób kształtu, rozmiaru i wielkości mikrocząstek. W artykule “Wytwarzanie wysoce jednorodnych i usieciowanych mikrocząstek polimocznikowych poprzez kopolimeryzację oraz ich właściwości i charakterystyka struktury” J. Xu, H. Han, L. Zhang, X. Zhu, X. Jianga i X. Z. Kong w RSC Advances 4, 61: 32134, 2014 przedstawili proces wytwarzania mikrocząstek, czyli polimeryzacji prepolimeru diizocyjanianu izofofonu - IPDI i kopolimeru dietylenotriaminy - DETA.

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

Istotą laminatu magnez-węgiel posiadającego arkusze blachy magnezowej z warstwami anodowymi i warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego, według wynalazku, jest to, że składa się z arkuszy blachy magnezowej, które posiadają na obu powierzchniach warstwy anodowe. Warstwy anodowe przylegają adhezyjnie do warstw samonaprawiających się. Pomędzy warstwami samonaprawiającymi się nałożone są cztery jednakowe warstwy kompozytu epoksydowo-węglowego połączone ze sobą za pomocą klejenia. Każda z czterech warstw kompozytu epoksydowo-węglowego posiada grubość 0,131 mm. Każda z warstw samonaprawiających się posiada grubość od 5  $\mu\text{m}$  do 0,25 mm, korzystnie 35  $\mu\text{m}$ . Każda z warstw anodowych posiada grubość od 5  $\mu\text{m}$  do 20  $\mu\text{m}$ , korzystnie 8  $\mu\text{m}$ . Każdy z arkuszy blachy magnezowej jest anodowany na obu powierzchniach i posiada grubość od 0,25 mm do 0,5 mm, korzystnie 0,3 mm. Każda z warstw

samonaprawiających się składa się z mikrocząstek o wielkości od 5  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , korzystnie 30  $\mu\text{m}$ , zawierających inhibitor korozji, które połączone są ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej. Inhibitorem korozji jest dietylenotriamina.

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.

Przykład 1.

Laminat magnez-węgiel składa się z czterech jednakowych warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda, które połączone ze sobą za pomocą klejenia. Po obu stronach warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego znajduje się warstwa 1 samonaprawiająca się o grubości 5  $\mu\text{m}$  składająca się z mikrocząstek 4 o wielkości 5  $\mu\text{m}$ , zawierających inhibitor korozji, którym jest dietylenotriamina, połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej. Arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,3

mm posiadają na obu powierzchniach warstwy 2 anodowe o grubości 5  $\mu\text{m}$  przylegające adhezyjnie do warstw 1 samonaprawiających się.

#### Przykład 2

Laminat magnez-węgiel składa się z czterech jednakowych warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda, które połączono ze sobą za pomocą klejenia. Po obu stronach warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego znajduje się warstwa 1 samonaprawiająca się o grubości 0,25 mm składająca się z mikrocząstek 4 o wielkości 100  $\mu\text{m}$ , zawierających inhibitor korozji, którym jest dietylenotriamina, połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej. Arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,5 mm posiadają na obu powierzchniach warstwy 2 anodowe o grubości 20  $\mu\text{m}$  przylegające adhezyjnie do warstw 1 samonaprawiających się.

#### Przykład 3

Laminat magnez-węgiel składa się z czterech jednakowych warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego o grubości 0,131 mm każda, które połączono ze sobą za pomocą klejenia. Po obu stronach warstw 5 kompozytu epoksydowo-węglowego znajduje się warstwa 1 samonaprawiająca się o grubości 35  $\mu\text{m}$  składająca się z mikrocząstek 4 o wielkości 30  $\mu\text{m}$ , zawierających inhibitor korozji, którym jest dietylenotriamina, połączonych ze środkiem adhezyjnym na bazie żywicy epoksydowej. Arkusze 3 blachy magnezowej o grubości 0,25 mm posiadają na obu powierzchniach warstwy 2 anodowe o grubości 8  $\mu\text{m}$  przylegające adhezyjnie do warstw 1 samonaprawiających się.