



Sposób wytwarzania powłoki funkcyjnej i powłoka funkcyjna wykonana na podłożu kompozytu polimerowo – włóknistego

5 Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania powłoki i powłoka funkcyjna z proszków metali, tlenków metali lub tlenków półmetali, wykonanej na podłożu kompozytu polimerowo - włóknistego przy użyciu techniki infuzji próżniowej.

10 Opis patentowy [PL/EP1740368T3](#) obejmuje umieszczenie zbrojenia z włókna pomiędzy dwoma arkuszami silikonowymi, które są następnie sprasowywane w próżni razem ze zbrojeniem tak, że powstaje silikonowy worek wokół zbrojenia. W tym sposobie nie można jednakże zastosować tradycyjnych metod pokrywania części, jak nakładanie pokrycia na powierzchnię formy przed wprowadzeniem zbrojenia i żywicy.

15 Opis patentowy [US2011052862A1](#) obejmuje nowy panel okładzinowy do zastosowania w pojeździe rekreacyjnym. Jest produkowany w procesie układania ręcznego lub infuzji próżniowej. W procesie infuzji próżniowej powłoka żelowa jest najpierw układana na powierzchni formy infuzyjnej, a następnie na powłokę żelową układane są suche materiały warstwowe. Forma jest zamykana, a składnik żywiczny jest wprowadzany do suchego materiału laminatu pod ciśnieniem próżniowym i utwardzany. Panele okładzinowe wytwarzane tymi metodami są bezszwowe i mają ograniczoną ilość odpadów związanych z procesami przycinania poprodukcyjnego. Panele okładzinowe produkowane w procesie infuzji próżniowej mają bardziej spójny skład i osiągają lepszą powtarzalność między częściami.

25 Opis patentowy [US20120164900A1](#) dotyczy dostarczania powlekanego wzmocnienia, którego powlekanie ostatecznie umożliwia dostarczanie produktu wzmocnionego włókne szczególności w metodzie infuzji, o wyjątkowych właściwościach mechanicznych, przy czym skład powłoki obejmuje żywicę stałą i nanorurki węglowe, a wspomniana kompozycja została poddana obróbce cieplnej powyżej temperatury topnienia w zakresie mięknięcia i poniżej temperatury sieciowania żywicy stałej, która jest samosiecująca, w stosownych przypadkach, przy czym kompozycja jest utrwalona na powierzchni wzmocnienia.

30 Opis patentowy [USH2133H](#) dotyczy konstrukcji kompozytowej posiadającej podłoże pokryte podczas wytwarzania warstwą barierową, taką jak mata pęczniejąca lub filc, do której środek ogniodporny, taki jak żywica fenolowa lub powłoka pęczniejąca na bazie wody lub oleju, jest wprowadzany na miejscu przed przymocowaniem do podłoża i zakończeniem wytwarzania konstrukcji kompozytowej. Warstwa barierowa jest infuzowana na miejscu żywicą fenolową przed przymocowaniem za pomocą klejenia do podłoża lub infuzja jest wykonywana podczas formowania leżącej poniżej warstwy podłoża, aby uzyskać mocowanie bez kleju.

40 Opis patentowy [PL240048B1](#) dotyczy sposobu wytwarzania powłoki funkcyjnej wykonanej na podłożu epoksydowego kompozytu włóknistego, który polega na tym, że na podłożu epoksydowego kompozytu włóknistego w postaci prepregu węglowego nanosi się proszek metali, tlenków metali lub tlenków półmetali, po czym poddaje się je utwardzaniu w autoklawie poprzez umieszczenie ich w worku próżniowym, w którym wytwarza się podciśnienie o wartości od 0,072 MPa do 0,088 MPa i podwyższa

się temperaturę w zakresie od 115°C do 125°C oraz wywiera nacisk na worek próżniowy o wartości ciśnienia w zakresie od 0,38 MPa do 0,42 MPa.

W artykule Felice Rubino, Fausto Tucci, Vitantonio Esperto, Alessia Serena Perna, Antonello Astarita, Pierpaolo Carlone, Antonino Squillace, Metallization of Fiber Reinforced Composite by Surface Functionalization and Cold Spray Deposition, Procedia Manufacturing 47 (2020) 1084–1088 autorzy
5 zaproponowali wykonanie metalizacji powierzchni kompozytu GFRP za pomocą proszków: tytanu o ziarnistości 40 µm oraz miedzi o ziarnistości 15 – 45 µm na powierzchni. Proszki były nanoszone na ostatnią warstwę suchej tkaniny i unieruchomione za pomocą kleju w spreju. Kompozyt był wytworzony za pomocą infuzji próżniowej. Nie stosowano żadnych narzędzi pozwalających na uzyskanie
10 jednorodnej grubości powłoki.

W artykule Aymen Zahrouni, Ahlem Bendaoued, Rached Salhi, Effect of sol-gel derived TiO₂ nanopowders on the mechanical and structural properties of a polymer matrix nanocomposites developed by vacuum-assisted resin transfer molding (VARTM), Ceramics International 47 (2021) 9755–9762, zastosowano nanocząstki dwutlenku tytanu do wytworzenia kompozytu polimerowo –
15 włóknistego metodą infuzji próżniowej. Cząstki tlenku metalu były jednak rozproszone w całej objętości żywicy i nie tworzyły odrębnej warstwy.

Celem wynalazku jest wykonanie warstwy funkcyjnej wykonanej z proszków metali, tlenków metali lub tlenków półmetali na podłożu z polimerowego kompozytu włóknistego wykonanego techniką infuzji
20 próżniowej.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania powłoki funkcyjnej i powłoka funkcyjna wykonana na podłożu kompozytu polimerowo - włóknistego. **Istotą sposobu jest to, że** na narzędziu formującym układana jest warstwa proszku:

25 proszek metalu w postaci aluminium albo
proszek tlenku metalu w postaci Al₂O₃ albo

proszek tlenku półmetal w postaci piasku kwarcowego
o ziarnistości w zakresie od 50 do 300 µm. Następnie na warstwę proszku układa się tkaniny z włókien szklanych albo węglowych, na które nakłada się tkaninę rozdzielającą oraz folię perforowaną i siatkę rozpraszającą do infuzji. Następnie na narzędziu formującym w sąsiedztwie warstw układa się rurkę spiralną do wprowadzania żywicy oraz rurkę spiralną albo rurkę mikroporowatą do odprowadzenia
30 powietrza. Następnie taśmą uszczelniającą łączy się narzędzie formujące z folią próżniową przykrywającą warstwy i rurki oraz wytwarza się wewnątrz przestrzeni pomiędzy narzędziem formującym, a folią próżniową ciśnienie o wartości od 250 do 350 hPa i wprowadza się żywicę o lepkości
35 w zakresie 160 – 325 mPa·s i wypełnia się przestrzeń.

Korzystnie warstwę proszku układa się z wykorzystaniem ramki oraz zgarniacza.

Istotą powłoki funkcyjnej **jest to, że** składa się z utwardzonej żywicy epoksydowej albo poliestrowej oraz z:

40 utwardzonego proszku metalu w postaci aluminium, albo
utwardzonego proszku tlenku metalu w postaci Al₂O₃ albo
utwardzonego proszku tlenku półmetal w postaci piasku kwarcowego.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

Fig. 1 – widok z góry kompozytu w procesie produkcji,

Fig. 2 – przekrój wzdłuż linii A-A z fig. 1,

5 Fig. 3 – warstwę proszku w procesie formowania.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest wykonanie materiału bez użycia drogiej aparatury w postaci autoklawu, wykonanie warstwy w jednym procesie podczas formowania kompozytu co zapewnia dobrą adhezję warstwy do podłoża potwierdzoną przez brak delaminacji w testach 10 trójpunktowego zginania, zwiększenie sztywności i wytrzymałości laminatu przy obciążeniach mechanicznych, zapewnienie równej grubości warstwy.

Sposób wytwarzania powłoki funkcyjnej wykonanej na narzędziu formującym na podłożu kompozytu polimerowo - włóknistego w przykładach wykonania wykonano w temperaturze pokojowej. 15 Polegał on na tym, że na narzędziu formującym 1 w postaci szkła niehartowanego o grubości 6 mm, nałożono szablon o wymiarach 210 x 300 mm i grubości 1 mm w postaci prostokątnej ramki 9 z laminatu. Następnie do wnętrza ramki 9 na narzędzie formujące 1 naniesiono proszek 2 metali albo tlenków metali albo tlenków półmetali i rozprowadzono go równomiernie na powierzchni narzędzie formującego 1 za pomocą zgarniacza 11 w postaci narzędzia do rozprowadzania proszku. Grubość 20 warstwy proszku przed utwardzeniem wynosiła 1 mm. Poszczególne składy proszków przedstawiono w tabeli 1. Ramkę 9 zdjęto, zaś na proszku 2 ułożono sześć warstw tkanin włókien 3 szklanych, każda o gramaturze 280 g/m², albo węglowych, każda o gramaturze 280 g/m², na które ułożono tkaninę rozdzielającą 4 w postaci delaminażu oraz folię perforowaną 5 FlowPly i siatkę rozprowadzającą FlowPly 6 do infuzji. Na narzędziu formującym 1 w sąsiedztwie warstw 3 ułożono rurki spiralne 7 25 o średnicy zewnętrznej 4,5 mm do wprowadzania żywicy oraz do odprowadzenia powietrza. Następnie połączono taśmą uszczelniającą 10 Flashtape narzędzie formujące 1 z folią próżniową 8 FLM120 przykrywającą warstwy i rurki oraz wytworzono wewnątrz przestrzeni pomiędzy narzędziem formującym, a folią próżniową ciśnienie o wartości od 250 do 350 hPa i wprowadzono żywicę epoksydową o lepkości 325 mPa·s, albo poliestrową o lepkości 160 mPa·s i wypełniono przestrzeń. Po 30 czasie 24 h usunięto folię próżniową 8, rurki spiralne 7, folię perforowaną 5, siatkę rozprowadzającą 6 do infuzji, tkaninę rozdzielającą 4 oraz narzędzie formujące 1.

Otrzymane kompozyty poddano badaniu trójpunktowego zginania na maszynie wytrzymałościowej MTS 100 kN. Szerokość próbek wynosiła 30 mm, odległość pomiędzy podporami 100 mm. 35 Poszczególne wyniki przedstawiono w tabeli 2.

RZECZNIK PATENTOWY
Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Tabela 1. Przykłady wykonania.

	Materiał proszku	Ziarnistość [μm]	Rodzaj żywicy	Rodzaj zbrojenia
Przekład 1	aluminium	65	epoksydowa	tkanina szklana
Przykład 2	piasek kwarcowy	200	epoksydowa	tkanina szklana
Przykład 3	Al_2O_3	50	epoksydowa	tkanina szklana
Przykład 4	aluminium	150	poliestrowa	tkanina szklana
Przykład 5	piasek kwarcowy	300	poliestrowa	tkanina szklana
Przykład 6	Al_2O_3	200	poliestrowa	tkanina szklana
Przykład 7	aluminium	65	epoksydowa	tkanina węglowa
Przykład 8	piasek kwarcowy	200	epoksydowa	tkanina węglowa
Przykład 9	Al_2O_3	50	epoksydowa	tkanina węglowa
Przykład 10	aluminium	150	poliestrowa	tkanina węglowa
Przykład 11	piasek kwarcowy	300	poliestrowa	tkanina węglowa
Przykład 12	Al_2O_3	200	poliestrowa	tkanina węglowa

Tabela 2. Wyniki z testu trójpunktowego zginania.

	Grubość próbki [mm]	Maksymalna siła [N]	Absorbowana energia [J]
Przekład 1	2,3	270	1,30
Przykład 2	2,5	330	1,42
Przykład 3	2,2	320	1,29
Przykład 4	2,3	265	1,28
Przykład 5	2,5	325	1,40
Przykład 6	2,2	320	1,30
Przykład 7	2,3	562,5	2,3
Przykład 8	2,5	645	2,46
Przykład 9	2,2	585	1,88
Przykład 10	2,3	555	2,26
Przykład 11	2,5	637,5	2,44
Przykład 12	2,2	660	2,40