(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 244116 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434783**
(22) Data zgłoszenia: **2020.07.24**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.01.31 BUP 05/2022**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.12.04 WUP 49/2023**

(51) MKP:
B29C 70/68 *(2006.01)*
B29C 70/00 *(2006.01)*
B32B 37/10 *(2006.01)*
B32B 37/02 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
POLSKIE ZAKŁADY LOTNICZE SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Mielec, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
ALEKSANDER BANAŚ, Rzeszów, PL
MARCIN GŁODZIK, Mielec, PL
KONRAD FARBANIEC, Wola Niżna, PL
MACIEJ PIECUCH, Przeworsk, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Damian Krężel, Warszawa, PL

(54) Tytuł:
Sposób wytwarzania komponentów kompozytowych w technologii automatycznego nakładania włókien

PL 244116 B1

Opis wynalazku

Dziedzina techniki

Wynalazek dotyczy ogólnie dziedziny wytwarzania komponentów kompozytowych w technologii automatycznego nakładania włókien. Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania komponentów kompozytowych in-situ, zwłaszcza do zastosowania w lotnictwie, polegający na modyfikacji oprzyrządowania wykorzystywanego w procesie automatycznego nakładania włókien. Termin in-situ w tym przypadku oznacza wykonanie gotowej części (złożenia) w procesie produkcji jednego z jej głównych komponentów (części składowych). Sposób ma zastosowanie w szczególności w przypadku procesu automatycznego układania włókien (AFP – *Automated Fiber Placement*) in-situ realizowanego z użyciem termoplastycznych kompozytów węglowych o osnowie z PEEK, PEK, PAEK lub PPS.

Stan techniki

Znane technologie nakładania włókien, takie jak AFP (*Automated Fiber Placement*) lub ATL (*Automated Tape Lying*), to zaawansowane, zautomatyzowane metody wytwarzania konstrukcji kompozytowych z włókien lub taśm polimerowych, oferujące dużą wydajność, dokładność, powtarzalność i możliwość kontroli wszystkich zmiennych parametrów procesu produkcyjnego. W ogólności, technologie AFP i ATL polegają na układaniu wcześniej przygotowanych, odpowiednio, włókien lub taśm przy użyciu maszyny lub robota przemysłowego wyposażonego w dedykowaną to tego celu głowicę. Głowica wyposażona jest w system podawania włókien/taśm, laser podgrzewający nakładany materiał termoplastyczny powyżej jego temperatury topnienia oraz rolkę dociskającą nakładany materiał do powierzchni formy.

Znany sposób wytwarzania komponentów kompozytowych in-situ z wykorzystaniem procesu automatycznego układania włókien AFP wymaga zastosowania przyrządu, w którym znajdują się sloty (szczeliny) do umieszczania profili wykonanych z termoplastycznych kompozytów węglowych. Profile umieszczane są w slotach przyrządu w taki sposób, aby górne powierzchnie profilu i przyrządu pozostawały na tym samym poziomie, a pozostałe powierzchnie profilu dokładnie przylegały do przyrządu. Na styku profilu i przyrządu nie może być przerwy. Następnie na górne powierzchnie nakładane są pasma/taśmy z termoplastycznych kompozytów węglowych, które pod wpływem temperatury łączą się jedynie z powierzchnią profilu wykonanego z tego samego materiału. Powierzchnia przyrządu nie zostaje połączona. Ponieważ w praktyce wszystkie profile umiejscawiane w slotach posiadają charakterystyczne cechy geometryczne, takie jak na przykład promienie, usunięcie wytworzonego komponentu z narzędzia po realizacji procesu AFP staje się niemożliwe. Wskutek tego zachodzi konieczność konstruowania skomplikowanych i kosztownych przyrządów składających się z wielu modułów, uzupełniających szczeliny pomiędzy profilami a przyrządem, które przed usunięciem komponentu każdorazowo należy rozmontować, co jest trudne do wykonania oraz wymaga poświęcenia dużej ilości czasu.

Istota wynalazku

W celu przezwyciężenia problemów i niedogodności związanych z wytwarzaniem komponentów kompozytowych in situ z wykorzystaniem technologii automatycznego nakładania włókien, opracowano rozwiązanie, które umożliwia usunięcie wytworzonego komponentu z przyrządu w łatwy sposób, niewymagający konstruowania skomplikowanych przyrządów oraz znacznie zmniejszający pracochłonność procesu.

Opracowane rozwiązanie polega na wypełnieniu przestrzeni pomiędzy powierzchnią przyrządu, a powierzchnią półfabrykatów (profili kompozytowych), wykonanych na przykład z termoplastycznego kompozytu węglowego, za pomocą wypełniacza, takiego jak spoiwo mineralne, korzystnie gips. Zastosowanie spoiwa mineralnego prowadzi do uzyskania optymalnego zlicowania powierzchni przyrządu z profilami kompozytowymi. Na tak przygotowanym podłożu realizowany jest proces automatycznego nakładania włókien. Po zakończeniu procesu wypełniacz usuwany jest mechanicznie, na przykład za pomocą strumienia wody, a przyrząd może natychmiast zostać użyty ponownie.

Zgodnie z wynalazkiem zapewniono sposób wytwarzania komponentów kompozytowych in situ w technologii automatycznego nakładania włókien. Sposób polega na tym, że pierwszy profil kompozytowy wykonany z materiału polimerowego umieszcza się w slotach przyrządu w taki sposób, aby górne powierzchnie, odpowiednio pierwszego profilu kompozytowego oraz przyrządu, znalazły się zasadniczo na tym samym poziomie, a korzystnie były usytuowane względem siebie współpłaszczyznowo, a inne ich powierzchnie dokładnie do siebie przylegały, co tworzy podłoże, na które nakłada się następnie wiele

warstw materiału polimerowego w technologii automatycznego nakładania włókien, tworząc w ten sposób drugi profil kompozytowy, który zostaje połączony z pierwszym profilem kompozytowym na obszarze jego górnej powierzchni, która to górna powierzchnia znajduje się zasadniczo na tym samym poziomie albo jest usytuowana współpłaszczyznowo z górną powierzchnią przyrządu. Sposób charakteryzuje się tym, że przed nałożeniem na tak przygotowane podłoże wielu warstw materiału polimerowego, z których wykonuje się drugi profil kompozytowy, w puste przestrzenie pomiędzy sąsiadującymi powierzchniami przyrządu i pierwszego profilu kompozytowego wprowadza się wypełniacz w formie spoiwa mineralnego w taki sposób, żeby uzyskać zasadniczo równe podłoże, na które następnie układa się wiele warstw materiału kompozytowego w technologii automatycznego nakładania włókien i wytwarza się drugi profil kompozytowy łącząc go z pierwszym profilem kompozytowym.

Po wytworzeniu komponentu kompozytowego spoiwo mineralne usuwa się mechanicznie, np. za pomocą strumienia wody lub powietrza, albo ręcznie przez wykruszenie.

Przyrząd może być pojedynczym elementem w przypadku wytwarzania prostych komponentów kompozytowych, względnie składa się z kilku rozłączalnych modułów w przypadku wykonywania komponentów kompozytowych o bardziej skomplikowanych kształtach.

W korzystnym przykładzie wykonania spoiwem mineralnym jest gips.

Pierwszy i/lub drugi profil kompozytowy wykonane są korzystnie z kompozytu polimerowego o osnowie z polimeru termoplastycznego. Osnowę może stanowić co najmniej jeden polimer termoplastyczny wybrany z grupy PEEK, PEK, PAEK lub PPS. Pierwszy i/lub drugi profil kompozytowy mogą być zbrojone włóknem węglowym.

Korzystne skutki wynalazku

Dzięki zastosowaniu sposobu według wynalazku możliwe jest znaczne uproszczenie geometrii przyrządu wykorzystywanego do realizacji procesu AFP in situ. Ponadto, dzięki zastosowaniu spoiwa mineralnego istnieje możliwość wypełnienia nawet najbardziej skomplikowanych szczelin, zatem geometria planowanego komponentu może być bardziej skomplikowana niż dotychczas było to możliwe.

Krótki opis figur rysunku

Wynalazek zostanie teraz bliżej przedstawiony w korzystnym przykładzie wykonania w nawiązaniu do załączonego rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia elementy wykorzystywane podczas procesu *Automated Fibre Placement* z zastosowaniem przyrządu znanego ze stanu techniki.

Fig. 2 przedstawia elementy wykorzystywane podczas procesu *Automated Fibre Placement* z zastosowaniem przyrządu wraz ze spoiwem mineralnym według korzystnego przykładu wykonania wynalazku.

Szczegółowy opis korzystnego przykładu wykonania wynalazku

Poniżej wynalazek zostanie omówiony bardziej szczegółowo, w odniesieniu do Fig. 1 oraz Fig. 2.

Realizacja procesu znanego ze stanu techniki, przedstawionego na Fig. 1, polega na umieszczeniu pierwszego profilu kompozytowego 1 wykonanego z termoplastycznego kompozytu węglowego w slotach (szczelinach) przyrządu 3, który to przyrząd 3 składa się z odpowiedniej liczby rozłączalnych modułów. Pierwszy profil kompozytowy 1 umieszczany jest w przyrządzie 3 w taki sposób, aby górne powierzchnie pierwszego profilu kompozytowego 1 oraz przyrządu 3 znalazły się na tym samym poziomie, tj. były usytuowane względem siebie współpłaszczyznowo, a powierzchnie boczne pierwszego profilu kompozytowego 1 oraz inne jego elementy geometryczne dokładnie przylegały do przyrządu 3. Na tak przygotowanym podłożu realizowany jest proces automatycznego nakładania włókien (taki jak na przykład proces *Automated Fibre Placement*), polegający na nakładaniu na to podłoże warstw termoplastycznego kompozytu węglowego, w celu konsolidacji utworzonego w ten sposób drugiego profilu kompozytowego 2 z pierwszym profilem kompozytowym 1 na obszarze jego górnej powierzchni, która to górna powierzchnia licuje się z górną powierzchnią przyrządu 3. Ponieważ w praktyce profile kompozytowe 1 umiejscawiane w slotach posiadają charakterystyczne cechy geometryczne, takie jak promienie lub inne skomplikowane kształty geometryczne, po realizacji procesu AFP usunięcie wytworzonego komponentu z przyrządu 3 w prosty sposób jest niemożliwe. Z tego powodu, jak wspomniano powyżej, przyrządy 3 składają się z wielu rozłączalnych modułów, które należy zdemontować w określonej kolejności.

W celu rozwiązania tego problemu, to znaczy uproszczenia geometrii przyrządu 3 i umożliwienia usunięcia wytworzonego komponentu w łatwy sposób, bez konieczności rozmontowywania przy-

rządu 3, opracowano rozwiązanie przedstawione schematycznie na Fig. 2. Rozwiązanie według wynalazku polega na wypełnieniu przestrzeni pomiędzy powierzchnią przyrządu 3 a powierzchnią pierwszego profilu 1 oraz drugiego profilu kompozytowego 2 (przy czym puste przestrzenie wypełnia się zanim powstanie drugi profil kompozytowy 2), na przykład wykonanego z termoplastycznego kompozytu węglowego, za pomocą wypełniacza w formie spoiwa mineralnego 4. Spoiwo mineralne 4 może zostać umieszczone w pustych przestrzeniach na przykład za pomocą wtryskarki lub ręcznie (np. używając szpachelki). Zastosowanie spoiwa mineralnego 4 prowadzi do uzyskania optymalnego połączenia powierzchni przyrządu 3 z powierzchniami pierwszego profilu kompozytowego 1, tak aby uzyskać zasadniczo równe podłoże, czyli takie gdzie górna powierzchnia przyrządu 3 i górna powierzchnia pierwszego profilu 1 są zrównane (leżą w jednej płaszczyźnie). Przez równe podłoże rozumie się podłoże gładkie, które nie posiada znaczących nierówności, które uniemożliwiałyby nakładanie włókien, ale nie oznacza to, że samo podłoże musi być idealnie płaskie – może ono mieć inne kształty, np. wklęsłe lub wypukłe. Na tak przygotowanym podłożu przeprowadzany jest proces automatycznego nakładania włókien. Po zakończeniu procesu i uzyskaniu gotowego komponentu spoiwo mineralne 4 usuwane jest mechanicznie, korzystnie wypłukiwane za pomocą strumienia wody albo strumienia powietrza, lub usuwane ręcznie poprzez wykruszenie. W ten sposób pomiędzy powierzchnią przyrządu 3, a powierzchnią pierwszego profilu kompozytowego 1 i połączonego z nim drugiego profilu kompozytowego 2, w miejscach, w których uprzednio znajdowało się spoiwo mineralne 4, powstają puste przestrzenie. Obecność tych pustych przestrzeni umożliwia wyciągnięcie komponentu z przyrządu 3 bez konieczności rozmontowywania tego ostatniego (względnie ilość modułów, z których wykonany jest przyrząd jest znacznie mniejsza, a to sprawia, że ilość modułów, które trzeba rozmontować jest również mniejsza). Po wyjęciu wytworzonego komponentu przyrząd 3 może od razu zostać ponownie użyty. W korzystnym przykładzie wykonania spoiwo mineralne 4 to gips.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania komponentów kompozytowych in situ w technologii automatycznego nakładania włókien, polegający na tym, że pierwszy profil kompozytowy wykonany z materiału polimerowego umieszcza się w slotach przyrządu w taki sposób, aby górne powierzchnie, odpowiednio pierwszego profilu kompozytowego oraz przyrządu, znalazły się zasadniczo na tym samym poziomie, a korzystnie były usytuowane względem siebie współpłaszczyznowo, a inne ich powierzchnie dokładnie do siebie przylegały, co tworzy podłoże, na które nakłada się następnie wiele warstw materiału polimerowego w technologii automatycznego nakładania włókien, tworząc w ten sposób drugi profil kompozytowy, który zostaje połączony z pierwszym profilem kompozytowym na obszarze jego górnej powierzchni, która to górna powierzchnia znajduje się zasadniczo na tym samym poziomie albo jest usytuowana współpłaszczyznowo z górną powierzchnią przyrządu, **znamienny tym**, że przed nałożeniem na tak przygotowane podłoże wielu warstw materiału polimerowego, z których wykonuje się drugi profil kompozytowy (2), w puste przestrzenie pomiędzy sąsiadującymi powierzchniami przyrządu (3) i pierwszego profilu kompozytowego (1) wprowadza się wypełniacz w formie spoiwa mineralnego (4) w taki sposób, żeby uzyskać zasadniczo równe podłoże, na które następnie układa się wiele warstw materiału kompozytowego w technologii automatycznego nakładania włókien i wytwarza się drugi profil kompozytowy (2) łącząc go z pierwszym profilem kompozytowym (1).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po wytworzeniu komponentu kompozytowego spoiwo mineralne (4) usuwa się mechanicznie.
3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że usunięcie mechaniczne przeprowadza się za pomocą strumienia wody.
4. Sposób według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że przyrząd (3) składa się z co najmniej jednego elementu.
5. Sposób według dowolnego z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że spoiwo mineralne (4) to gips.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwszy profil kompozytowy (1) wykonany jest z kompozytu polimerowego o osnowie z polimeru termoplastycznego.
7. Sposób według zastrz. 6, **znamienny tym**, że osnowę stanowi co najmniej jeden polimer termoplastyczny wybrany z grupy PEEK, PEK, PAEK lub PPS.

8. Sposób według zastrz. 6 albo 7, **znamienny tym**, że pierwszy profil kompozytowy (1) zbrojony jest włóknem węglowym.
9. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że drugi profil kompozytowy (2) wykonany jest z kompozytu polimerowego o osnowie z polimeru termoplastycznego.
10. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że osnowę stanowi polimer termoplastyczny wybrany z grupy PEEK, PEK, PAEK lub PPS.
11. Sposób według zastrz. 9 albo 10, **znamienny tym**, że drugi profil kompozytowy (2) zbrojony jest włóknem węglowym.

Rysunki

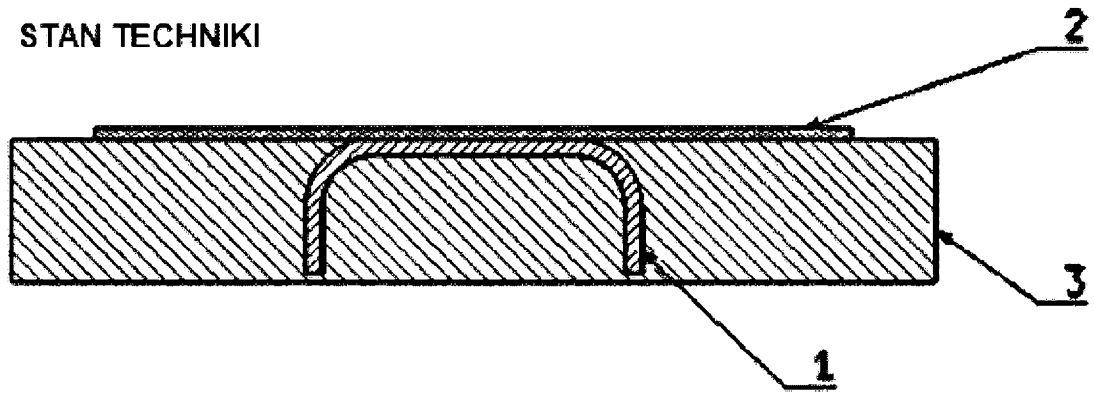


Fig. 1

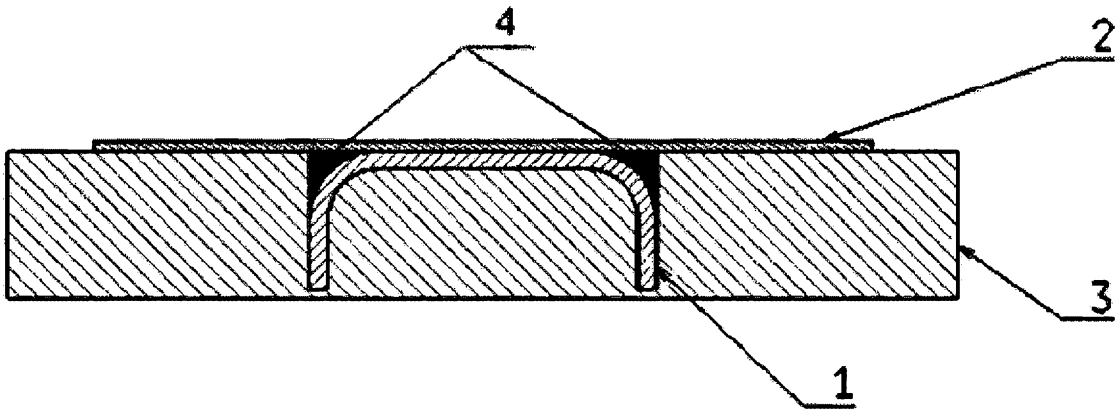


Fig. 2