

## Sposób kształtowania inteligentnych struktur kompozytowych

Przedmiotem wynalazku jest sposób kształtowania inteligentnych struktur kompozytowych bazujących na kształtowaniu ich postaci geometrycznej znajdujący zastosowanie w aplikacjach wymagających użycia struktur lekkich i wytrzymałych.

Dotychczasowe najprostsze metody kształtowania elementów kompozytowych to laminowanie ręczne i natryskowe, które polegają na układaniu zbrojenia w formie i przesycaniu żywicą z dodatkiem utwardzacza za pomocą wałków, pędzli itp. Po przesyceniu i odpowietrzeniu zbrojenia żywica żeluje, a następnie utwardza się.

Metoda infuzji polega na układaniu suchego zbrojenia do formy z wcześniej nałożonym żelkotem, ułożeniem tkaniny delaminacyjnej oraz siatki i instalacji rozprowadzającej żywicę, instalacji zbierającej próżnię, zamknięciu formy workiem próżniowym. Po sprawdzeniu szczelności worka do punktów wtrysku podłącza się przygotowaną (wymieszaną z utwardzaczem) żywicę. Przy pomocy różnicy ciśnienia między wlotem żywicy a instalacją zbierającą próżnię żywica jest zasysana pomiędzy worek próżniowy a formę i rozprowadzana na całej powierzchni formy.

W metodzie RTM kompozycję żywicy wtlacza się pod ciśnieniem do szczelnej formy, w której wcześniej umieszczono włókniste wzmocnienie. Oprócz ciśnienia, pod którym przetłaczana jest żywica stosuje się czasem także próżnię wspomagającą zamykanie formy i zapewniającą lepsze i szybsze przesycenie wzmocnienia. W metodzie RTM ciśnienia stosowane do formowania wyrobów są znacznie wyższe niż przy stosowaniu jedynie próżni a dwustronne formy muszą być znacznie sztywniejsze i bardziej matryc, w których przebiega proces pozycjonowania i trenowania włókien SMA po czym nakładany jest materiał będący osnową struktury. Opisane metody znane są z opisów patentowych US9314885 B2 lub podobne z opisu patentowego nr: US7393595 B2 oraz nr: US6886622 B2. Spotykane są też metody, w których łączenie zbrojenia w postaci włókien SMA odbywa się poprzez klejenie i przeplatanie warstw materiału osnowy przez siatkę utworzoną ze stopu SMA. Metoda ta znana jest z opisu patentowego nr: WO/2011/152963 A1.

Inteligentne struktury kompozytowe produkowane są obecne głównie jako różnego rodzaju aktuatory znajdujące szerokie zastosowanie w robotyce, automatyce, przemyśle kosmicznym czy lotniczym, elementy tłumiące drgania aplikowane np.: w konstrukcjach budowlanych lub maszynowych oraz wiele innych. Takie struktury znane są m.in. z opisów patentowych nr: CN105467513 A, US20120174571 A1, US20090126288 A1 czy JP2000104134 A.

Sposób według wynalazku polega na tym, że uprzednio przygotowany powierzchniowy model 3D kompozytu zostaje przetworzony przez oprogramowanie na ścieżki ruchu głowicy podającej w pierwszym przejściu materiał spoiwa na zamocowaną do stołu roboczego tkaninę nośną kompozytu i w drugim przejściu podającej włókno stopu z pamięcią kształtu podlegające obróbce cieplnej w tej samej głowicy w temperaturze od 300 do 600° C i mocowane mechanicznie polega na ukształtowaniu ich postaci geometrycznej za pomocą odkształceń włókien wzmocnienia, które aktywuje się zmianą temperatury, poprzez przepływ prądu elektrycznego lub wyżarzanie w komorze temperaturowej w zakresie temperatur korzystnie od 70 do 120° C, wywołującą przemianę fazową z stanu z martenzytu do austenitu, przy czym postać geometryczną włókien kontroluje się poprzez ułożenie włókien SMA, natomiast po procesie kształtowania utwardza się warstwę osnowy na powierzchni komponentu.

Korzystnie stosują się mocowanie włókien SMA do tkaniny nośnej za pomocą adhezji.

Korzystnie stosują się mocowanie włókien SMA do tkaniny nośnej za pomocą przeplatania.

*Ołof Duda  
Bartłomiej Kus  
Wojciech Ullmann*

Dzięki zastosowaniu sposobu według wynalazku możliwe jest nadanie kształtu strukturze i uzyskanie gotowego wyrobu bez konieczności użycia oprzyrządowania koniecznego w tradycyjnych metodach wytwarzania kompozytów. Ponadto proces wytwarzania pozwala na modyfikowanie kształtu i ułożenia włókien z pamięcią kształtu w kompozycie, dzięki czemu możliwa jest produkcja struktur o konfigurowalnych właściwościach. Cała dotychczasowa aparatura konieczna do ciśnieniowego formowania oraz duże i ciężkie foremniki są zbędne, co przekłada się na znaczne obniżenie kosztów produkcji.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na rysunku na którym Fig.1 przedstawia schemat przykładowej struktury kompozytowej przed aktywacją, Fig.2 przedstawia schemat przykładowej struktury kompozytowej po aktywacji. Fig.3 przedstawia schemat ideowy procesu mocowania włókna aktywnego SMA do tkaniny nośnej wraz ze spoiwem.

Wykonana struktura (Fig. 1 oraz Fig. 2) sposobem według wynalazku charakteryzuje się tym, że jest zbudowana z tkaniny nośnej wraz ze spoiwem 2 i wzmocnienia 3, w postaci włókien stopu z pamięcią kształtu (SMA) będącego stopem niklu i tytanu. Spoiwo 2 jest elastyczne przed aktywacją. Wytwarzana w ten sposób struktura w pierwszej fazie posiada formę płaską, a następnie po aktywacji odkształca się tworząc żądany kształt trójwymiarowy. Kształt ten jest wysoce zależny od kierunku ułożenia włókien SMA we wzmocnieniu. Dodatkowo tak wytworzona inteligentna struktura kompozytowa charakteryzuje się własnościami zarówno sensorycznymi jak i posiadają możliwość generowania sił umożliwiających zmianę własności fizycznych (sztywność) oraz geometrycznych (kształt).

Sposób wytwarzania kompozytu za pomocą specjalistycznej maszyny współrzędnościowej układającej włókna z pamięcią kształtu w sposób pozwalający uzyskać zamierzony kształt elementu podczas odkształceń włókien realizowany jest na dwa sposoby i obejmuje następujące etapy:

- Przetworzenie modelu powierzchniowego 3D do postaci rozwinięcia płaskiego 2D,
- Wygenerowanie wirtualnej postaci geometrycznej kompozytu i zapis ścieżek ruchu głowicy w odpowiednim formacie,
- Umiejscowienie i zamocowanie tkaniny nośnej 5 do stołu roboczego 4 ( Fig.3 ),
- Naniesienie spoiwa 2 na tkaninę nośną 5 za pomocą głowicy 1 (Fig.3),
- Zamocowanie mechaniczne elementów aktywnych w postaci wytrenowanych włókien 3 SMA do tkaniny nośnej 5 przy wykorzystaniu adhezji lub przeplecenia za pomocą głowicy 1 (Fig.3),
- Aktywacja włókien 3 SMA (fig.3) i nadanie kształtu elementu,
- Utwardzenie warstwy osnowy 2 (Fig.3) na powierzchni komponentu.

Oleś Dobó  
Bartłomiej Kus  
Wojciech Niliński