

Sposób wytwarzania wielowarstwowego kompozytowego panelu balistycznego

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania wielowarstwowego kompozytowego panelu balistycznego w formie płaskiej lub kształtowej płyty.

W znanych sposobach otrzymywania kompozytowych paneli i tarcz balistycznych w wyniku pokrycia gumą warstwy betonowej wzmocnionej włóknami stalowymi, jak również w wyniku formowania arkuszy poliamidowych, czy też poprzez pokrycie warstwą folii poliwęglanowej sodowo-wapniowego szkła krzemianowego, otrzymuje się produkty, o grubości od 10 do 40 mm posiadające zdolność pochłonięcia energii kinetycznej pocisku o kalibrze 9 mm wystrzelonego z odległości 10 m.

Z opisu patentowego US6753274 znany jest panel odporny na działanie ostrza i pocisku, który jest wykonany z wielowarstwowego arkuszy tkanin polietylenowych i poliamidowych.

W opisie patentowym US6691601 przedstawiono z kolei konstrukcję osobistej tarczy balistycznej, charakteryzującej się tym, że poszczególne sztywne elementy tarczy zostały wykonane z kompozytów żywic epoksydowych, fenolowych i poliestrowych wzmocnionych włóknami polietylenowymi, poliamidowymi oraz poliwęglowymi o grubości od 3 do 25 mm.

Z opisu patentowego EP1469275 i opisu JP2004317113 znana jest kamizelka balistyczna, posiadająca przedni i tylni panel które połączone są ze sobą przy pomocy rozłączalnych łączników. Obydwa panele zbudowane są z pakietów, które składają się z wielu warstw materiału balistycznego i z polimerowej półsztywnej struktury wsporczej (szkieletu) przyłączonej do warstw materiału balistycznego. Struktura wsporcza ma wiele otworów, których zadaniem jest pochłanianie energii wchodzącego doń pocisku.

Znany jest również ze zgłoszenia patentowego JP2008162164 panel kuloodporny, który zawiera element ceramiczny oraz wzmocniony włóknem o dużej wytrzymałości element z tworzywa sztucznego, a także arkusz żywicy łączący zarówno element ceramiczny jak i element z tworzywa sztucznego, w którym to panelu moduł sprężystości przy ścisaniu wynosi 107 do 108 Pa, a siła adhezji do członu ceramicznego przynajmniej 1,0 kN/m.

W opisie zgłoszenia patentowego KR 20160081396 i zgłoszenia WO2016108621 ujawniono konstrukcję panelu kuloodpornego składającego się z płyty ceramicznej i laminatu, w którym tkaniny aramidowe zostały impregnowane żywicą fenolową oraz tkaniny nasyconej żywicą epoksydową usytuowanej między płytą ceramiczną a laminatem z tkanin aramidowych impregnowanych żywicą fenolową. Tkaniny aramidowe impregnowane żywicą fenolową mogą być tkaninami nasyconymi żywicą fenolową lub fenolowo-poli(winylobutylarową). Tkanina impregnowana żywicą epoksydową pozwala na zwiększenie adhezji pomiędzy ceramiczną płytą i laminatem z tkanin aramidowych impregnowanych żywicą fenolową, gdy znajduje się pomiędzy nimi. Wynika z tego, że rozszczepienie się warstw - płyty ceramicznej i impregnowanej żywicą fenolową, warstwy (laminatu) tkanin aramidowych w środowisku wysokiej temperatury nie jest możliwe, co znacznie poprawia właściwości kuloodporne materiału. Ponadto dodatek termoplastycznych substancji poprawiających adhezję pomiędzy tkaninami aramidowymi nasyconymi żywicą fenolową nie jest niezbędny, w porównaniu do dotychczas stosowanych materiałów.

W chińskim opisie zgłoszeniowym CN105601280 przedstawiono sposób otrzymywania kompozytowo ceramicznego B_4C/SiC panelu balistycznego, charakteryzującego się tym, że płyta kuloodporna została wykonana z węgliku krzemu, zgranulowanego na proszek przez zastosowanie prasowania, suszenia oraz spiekania, gdzie granulowany proszek węgliku krzemu składa się, wagowo z 60% - 73% mikroproszku węgliku krzemu, 6% - 8% żywicy fenolowej, 0,5% - 2% sadzy, 0,5% - 2% grafitu, 5% - 16% węgliku boru i 10% - 12% alkoholu winylowego.

W opisie zgłoszenia patentowego EP1550836, przedstawiono twardy pancerz kompozytowy, w skład którego oprócz podłoża balistycznego wchodzi również sztywna, nie ceramiczna warstwa. Podłoże tkaniny zawiera szereg włókien o wysokiej odporności, których wytrzymałość na rozciąganie jest większa od 7 g/denier (denier - jednostka gęstości liniowej włókien syntetycznych), a współczynnik wiązkości wynosi mniej niż 5,4. Wskazano również, że w skład kompozytu mogą wchodzić płytki ze stali, stopów aluminium, tytanu i innych nie ceramicznych materiałów.

Ze zgłoszenia patentowego JP2009264692 znana jest lekka kompozytowa kuloodporna, płytka, która wykazuje lepszą odporność na uderzenia w odniesieniu m.in. do pocisków. Kompozytowa, kuloodporna płytka zawiera: człon ceramiczny; człon okładzinowy, utworzony na tylnej stronie czołowej elementu ceramicznego i zawierający termoutwardzalną żywicę z włóknistym wypełniaczem o średniej średnicy włókna w

zakresie 5-20 μm , średniej długości włókna 1-10 mm i średnim współczynnikiem kształtu w zakresie 50-2000; element z tworzywa sztucznego wzmocniony włóknami o wysokiej wytrzymałości uformowany w sąsiedztwie elementu okładzinowego; oraz arkusz przyklejony do łączenia członów okładzinowych z elementem z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknami o wysokiej wytrzymałości.

W zgłoszeniu patentowym US2012088068 ujawniono kompozyty aramidowe, które spełniają właściwości kuloodporne wymagane dla tego rodzaju materiałów, są lekkie i wykazują lepszą przyczepność od innych kompozytów, wytwarzanych tym samym sposobem. Kompozyty zawierają tkaninę aramidową, warstwę klejącą i metalowe podłoże, przy czym co najmniej jedna z powierzchni tkaniny aramidowej i powierzchnia metalowego podłoża jest modyfikowana.

Pancerz o podwójnej twardości, znany ze zgłoszenia patentowego US20080223203, zawiera pierwszą warstwę stali o twardości H1 i grubości D1, drugą stalową warstwę o twardości H2 niższej niż H1 i grubości D2 nie większej niż D1. Ponadto pancerz zawiera polimerową substancję pośrednią, wiążącą obie stalowe warstwy. Warstwy pancerza są łączone przez prasowanie na gorąco.

Według zgłoszenia patentowego WO20099032585, opancerzenie kuloodporne i zestaw obejmujący cienki sztywny element pancerza do zatrzymywania i wychwytywania pocisków balistycznych, są wspierane przez sprężysty element składający się z termoplastycznego elastomerowego materiału o strukturze plastra miodu w celu pochłaniania energii uderzenia pocisku oraz zmniejszania siły uderzenia tępych narzędziami. Element pancerza zawiera wiele warstw tkaniny aramidowej o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie lub tym podobnych, umieszczonych pomiędzy przednimi i tylnymi płytami wykonanymi np. z wielu warstw tkaniny z włókien nasycanej żywicą epoksydową. Kilka warstw elementu pancerza jest formowane i prasowane w celu zapewnienia sztywnej powłoki zewnętrznej, która może być uformowana jako płaska lub ukształtowana tak, aby odpowiadała konkretnym zastosowaniom. Element sprężysty jest przymocowany do wewnętrznej powierzchni elementu pancerza i może zawierać jedną lub więcej warstw elastycznego materiału o strukturze plastra miodu, mającego komórki otwarte, hermetycznie uszczelnione lub perforowane aby zapewnić cyrkulację cieczy przez nie.

Wiadomo, że utwardzanie żywic epoksydowych przebiega w normalnej lub podwyższonej temperaturze pod wpływem związków zdolnych do polireakcji z końcowymi grupami epoksydowymi żywicy i przebiega bez wydzielania

małocząsteczkowych produktów ubocznych. Utwardzaniu towarzyszy bardzo mały skurcz przetwórczy, w wyniku czego utwardzona żywica odwzorowuje dokładny kształt i wymiary formy. Żywice epoksydowe w temperaturze pokojowej utwardza się za pomocą wielofunkcyjnych alifatycznych amin pierwszo i drugorzędowych. Zastosowanie amin aromatycznych wymaga podwyższenia temperatury utwardzania. Żywice epoksydowe można również utwardzać za pomocą bezwodników kwasów organicznych, a także żywic nowolakowych.

Z publikacji: Majka T. M., Pielichowski K., Leszczyńska A.: „Wpływ chłonności płynów eksploatacyjnych stosowanych w motoryzacji przez kompozyty PA-6/MMT na ich właściwości mechaniczne”, Czasopismo Techniczne, 9-M/2012, nr 26 (109), ISSN 0011–4561/1897-6328, Kraków 2012, s. 147–154 oraz Majka T. M., Leszczyńska A., Pielichowski K.: „Nanokompozyty polimerowe z montmorylonitem”, Nowe trendy w naukach inżynierskich 2, Tom I, Creative Science - Monografia 2012, Creativetime, ISBN 978-83-63058-16-6, Kraków 2012, s. 227-237, znany jest sposób otrzymywania kompozytów poliamid-6/montmorylonit przy użyciu wyciarki dwuślimakowej. Kompozyty poliamid-6/montmorylonit otrzymuje się metodą interkalacji w stanie stopionym.

W opisie patentowym PL211253 przedstawiono sposób otrzymywania napełniaczy o strukturze montmorylonitu syntetycznego lub naturalnego, zwłaszcza do zastosowań w nanokompozytach polimerowych. Zgodnie z tym znanym rozwiązaniem, montmorylonit syntetyczny lub naturalny po zmieszaniu ze związkami karboksylowymi, korzystnie kwasem organicznym lub bezwodnikiem kwasu organicznego o niewielkiej masie cząsteczkowej i zawierającym wiązanie lub wiązania nienasycone, sprzężone lub izolowane, odsączeniu i wysuszeniu poddaje się napromienieniu wiązką elektronów lub protonów z akceleratora lub promieniowaniem jonizującym ze źródła gamma do sumarycznej dawki 5 - 80 kGy, korzystnie 50 kGy, następnie po zmieleniu i przesianiu ziarna o wielkości 70 - 100 μm w ilości 0,3 - 15% wagowych, korzystnie 5% wagowych, miesza się z matrycą polimerową.

Znany jest także z opisu patentowego PL193895 sposób wytwarzania kompozytu i jego zastosowanie. Kompozyt zawiera substrat na bazie włókien szklanych, włókien mineralnych albo materiałów drzewnych oraz będący z nim w funkcjonalnym kontakcie nanokompozyt, który otrzymuje się przez modyfikowanie powierzchni: a) koloidalnych cząstek nieorganicznych, b) jednym albo kilkoma silanami o wzorze ogólnym $R_x\text{-Si-A}_{4-x}$, w którym rodniki A są jednakowe albo różne i oznaczają grupy hydroksylowe albo grupy

odszczepialne hydrolytycznie, z wyjątkiem grupy metoksylowej, rodniki R są jednakowe albo różne i oznaczają grupy nieodszczepialne hydrolytycznie, zaś x ma wartość 0, 1, 2, albo 3, przy czym w co najmniej 50% ilości silanów $x \geq 1$, w warunkach procesu zol-żel z substechiometryczną ilością wody, w odniesieniu do obecnych grup hydrolyzujących, z utworzeniem zolu nanokompozytu, ewentualnie przez dalszą hydrolyzę i kondensację zolu nanokompozytu przed skontaktowaniem z substratem i dołączone utwardzanie.

Zgodnie z wynalazkiem, sposób wytwarzania wielowarstwowego kompozytowego panelu balistycznego, w postaci bloku lub płaskiej lub kształtowej płyty, zawierającego rdzeń utworzony z warstw elementów metalowych lub ceramicznych, żywic polimerowych, tkanin z włókien polimerowych, które zespała się ze sobą przez prasowanie pod ciśnieniem w podwyższonej temperaturze, polega na tym, że w pierwszym etapie wytwarzania panelu formuje się jego warstwowy kompozytowy rdzeń w procesie, w którym:

- do warstwy półpłynnego lub płynnego kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem ceramicznym wprowadza się zbrojenie w formie arkusza zaplecionych ze sobą na kształt zbroi kolczej (kolczugi) pierścieni metalowych lub ceramicznych lub zbrojenie w formie arkusza siatki metalowej lub ceramicznej,
- po wprowadzeniu zbrojenia i osiągnięciu półpłynnej konsystencji warstwy kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem, nanosi się monowarstwę granulatu poliaramidowego lub poliestrowego na każdą z dwóch przeciwległych stron warstwy kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem,
- przykrywa się arkuszami tkaniny poliamidowej warstwy granulatu poliaramidowego lub poliestrowego, naniesione na obie przeciwległe strony warstwy kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem,
- prasuje się tak utworzony wielowarstwowy kompozytowy półfabrykat rdzenia panelu w temperaturze 200-270°C przez 2-7 minut pod ciśnieniem 10-25 barów, po czym studzi gotowy rdzeń,

natomiast w drugim etapie wytwarzania panelu, zalewa się rdzeń, przynajmniej obustronnie, warstwą wierzchnią z ciekłej kompozycji epoksydowej z napełniaczem grafitowym i utwardza się ją.

W procesie formowania rdzenia stosuje się zbrojenie z metalowych lub ceramicznych pierścieni o średnicy wewnętrznej 6-12 mm i grubości 1,6-2,0 mm lub zbrojenie z siatki metalowej lub ceramicznej o grubości 1,6-2,0 mm, przy czym korzystnie

stosuje się zbrojenie z mosiądzu, stali węglowej, stali chromowo-molibdenowej lub węgla krzemu.

Wspomniane zbrojenie wprowadza się do kompozytowego stopu poliamidowego z napelniczem ceramicznym o konsystencji płynnej lub półpłynnej, mającego temperaturę 200-270°C, przy czym jako nanonapelnicze stopu poliamidowego stosuje się glinę montmorylonitową lub nanokrzemionkę płomieniową, w ilości 0,5 – 20 cz. wag. na 100 cz. wag. mieszaniny (tj. stopu poliamidowego i nanonapelnicza).

Korzystnie, jako nanonapelnicze stosuje się montmorylonit modyfikowany chlorkiem dimetylooksydecyloamionowym, użytym w ilości 0,5 – 15 cz. wag. na 100 cz. wag. organoglinki.

W procesie formowania rdzenia, granulaty poliaramidowe lub poliestrowe nanosi się w postaci monowarstwy na każdą z dwóch, równoległych do zbrojenia, przeciwległych powierzchni warstwy półpłynnego stopu poliamidowego z nanonapelniczem, stosując granulaty o wielkości ziaren do 3 mm, w ilości 0,125 – 5g/ 100 cm³, po czym monowarstwy granulatu poliaramidowego lub poliestrowego przykrywa się tkaniną poliamidową o grubości 0,2 – 2 mm.

W sposobie według wynalazku, sprasowany wielowarstwowy rdzeń panelu, po ostudzeniu go, zalewa się przynajmniej z obu pokrytych tkaniną poliamidową stron (przynajmniej obustronnie), ciekłą żywicą epoksydową o liczbie epoksydowej od 0,51 do 0,59 mol/100g z utwardzaczem aminowym lub bezwodnikowym, w ilości 30-50 cz. wag. na 100 cz. wag. żywicy epoksydowej, do której to kompozycji dodaje się 0,5-20 cz. wag. napelnicza w postaci proszku grafitowego na 100 cz. wag całej kompozycji epoksydowej i homogenizuje składniki, korzystnie przez mieszanie z prędkością obrotową mieszadła 100-500 obr/min. w czasie 5-20 min. stosując mieszadło mechaniczne, przy czym proszek grafitowy wprowadza się do żywicy epoksydowej lub do utwardzacza w temperaturze do 30°C.

Korzystnie, w procesie formowania wielowarstwowego kompozytowego rdzenia panelu, zbrojenie wprowadza się do warstwy stopu poliamidowego z nanonapelniczem o temperaturze 200-270°C, w dwuetapowej operacji, w której na umieszczoną w formie pierwszą półpłynną warstwę stopu poliamidowego z nanonapelniczem, mającą grubość mniejszą od zadanej grubości warstwy docelowej, nakłada się zbrojenie, po czym zalewa się je drugą płynną warstwą stopu poliamidowego z nanonapelniczem, o grubości takiej, aby druga warstwa łącznie z pierwszą utworzyły warstwę o docelowej zadanej grubości.

Korzystnie jest ponadto, gdy wielowarstwowy kompozytowy rdzeń panelu formuje się w formie, najlepiej metalowej, zawierającej dolną płytę, górną płytę i stanowiące boki formy dwie ramki, stosując proces, w którym na ułożonym na dolnej płycie formy pierwszym arkuszu tkaniny poliamidowej o grubości od 0,2 do 2 mm, umieszcza się dwie metalowe ramki, jedną na drugiej, posypuje się powierzchnię tkaniny poliamidowej monowarstwą granulatu poliaramidowego lub poliestrowego stosując granulaty poliaramidowy lub poliestrowy o wielkości ziaren do 3 mm, w ilości od 0,125 do 5 g/100 cm², zalewa się tkaninę z warstwą granulatu półpłynnym kompozytowym stopem poliamidowym z nanonapełniaczem ceramicznym, korzystnie o temperaturze nie niższej od 200°C, do poziomu górnej krawędzi pierwszej ramki, po czym na powierzchnię pierwszej warstwy niezastygniętego stopu poliamidowego nakłada się zbrojenie z pierścieni metalowych lub ceramicznych o średnicy wewnętrznej od 6 do 12 mm i grubości od 1,6 do 2,0 mm, zaplecionych na kształt kolczugi lub zbrojenie z siatki metalowej lub ceramicznej o grubości od 1,6 do 2,0 mm, a następnie zalewa się formę do poziomu górnej krawędzi drugiej ramki drugą warstwą płynnego kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem ceramicznym, korzystnie o temperaturze nie niższej od 240°C, powierzchnię niezastygniętej drugiej warstwy stopu poliamidowego, po osiągnięciu konsystencji półpłynnej, posypuje się monowarstwą granulatu poliaramidowego lub poliestrowego, stosując granulaty poliaramidowy lub poliestrowy o wielkości ziaren do 3 mm, w ilości od 0,125 do 5 g/100 cm² i przykrywa drugim arkuszem tkaniny poliamidowej o grubości od 0,2 do 2 mm, na którą nakłada się górną płytę formy, a następnie formę zawierającą wielowarstwowy kompozytowy półfabrykat rdzenia panelu umieszcza się w prasie z grzanymi stemplami i prasuje w temperaturze 200-270°C przez 2-7 minut pod ciśnieniem 10-25 barów, po czym studzi i wyciąga z formy gotowy rdzeń panelu, przy czym stosuje się wspomniany wyżej kompozytowy stop poliamidowy zawierający jako nanonapełniacz glinę montmorylonitową lub nanokrzemionkę płomieniową, w ilości 0,5 – 20 cz. wag. na 100 cz. wag. mieszaniny kompozytu, a korzystnie stop poliamidowy zawierający jako nanonapełniacz montmorylonit modyfikowany chlorkiem dimetylooksycyloamionowym, użytym w ilości 0,5 – 15 cz. wag. na 100 cz. wag. organoglinki.

Wielowarstwowe kompozytowe panele balistyczne według wynalazku otrzymuje się wykorzystując podstawowe oprzyrządowanie maszynowe stosowane w przetwórstwie tworzyw sztucznych. Proces formowania wielowarstwowych kompozytowych paneli balistycznych jest prosty i łatwy w realizacji, dając gotowy wyrób bez potrzeby obróbki

powierzchniowej. Nie przyczynia się on również do powstawania szkodliwych produktów odpadowych.

Sposoby wytwarzania kompozytowych paneli balistycznych przedstawiono poniżej w praktycznych przykładach realizacji wynalazku.

Ponadto, na załączonym rysunku na fig.1 pokazano używane w przykładach realizacji oprzyrządowanie w postaci formy metalowej, składającej się z dolnej płyty A, górnej płyty B i dwóch czworobocznych ramek – pierwszej C (dolnej) i drugiej D (górnej), na fig.2 pokazano przestrzenny schemat ułożenia poszczególnych warstw panelu w trakcie formowania jego wielowarstwowego rdzenia, na fig. 3 przedstawiono konstrukcję drugiej formy E, wykonanej z gumy silikonowej, do zalewania wielowarstwowego rdzenia kompozycją żywicy epoksydowej, a na fig.4 pokazano schematyczny przekrój poprzeczny przez panel wytworzony według wynalazku, gdzie 1 – zbrojenie, 2 – warstwa kompozytowego stopu poliamidowego z nanonapełniaczem ceramicznym, 3 – warstwa granulatu poliamidowego lub poliestrowego (pośrednia warstwa wzmacniająca), 4 – warstwa tkaniny poliamidowej, 5 – zewnętrzna warstwa kompozytowa (epoksydowa) .

Przed przystąpieniem do wytwarzania kompozytowych paneli balistycznych przygotowano formę składającą się z dwóch płyt metalowych o wymiarach 210x210x10 mm oraz dwóch ramek metalowych o wymiarach zewnętrznych 210x210x10 mm oraz grubości ścianek 10 mm. Wymiary wielowarstwowego panelu balistycznego nie są ograniczone konstrukcyjnie i zależą jedynie od wymiarów formy, które podano tu wyłącznie jako wymiary przykładowe.

Przykład I

Na dolną płytę metalową położono przygotowaną tkaninę poliamidową o wymiarach 210x210x0,2 mm. Następnie na płycie z tkaniną umieszczono dwie ramki metalowe. Na dno formy wsypano 5 g granulatu poliamidowego o średniej wielkości ziaren 2 mm. W kolejnym kroku formę do poziomu pierwszej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/montmorylonit, gdzie ilość napełniacza stanowiło 5 części wagowych na 100 części wagowych kompozytu. Nanokompozyt poliamid-6/montmorylonit otrzymano metodą interkalacji w stanie stopionym polimeru przy użyciu wytłaczarki dwuślimakowej według opisu wytwarzania kompozytów polimerowych, przedstawionego w wymienionej wyżej publikacji: Majka T. M., Leszczyńska A., Pielichowski K.: „Nanokompozyty polimerowe z montmorylonitem”, Nowe trendy w

naukach inżynieryjnych 2, Tom I, Creative Science - Monografia 2012, Creativetime, ISBN 978-83-63058-16-6, Kraków 2012, s. 227-237.

Następnie na powierzchni niezastygniętego stopu umieszczono zbrojenie o wymiarach 200x200x1,6 mm, składający się z 26 splecionych pierścieni o średnicy wewnętrznej 6 mm i grubości 1,6 mm, wykonanych ze stali węglowej. W dalszym kroku formę do poziomu drugiej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/montmorylonit. Temperatura stopu wynosiła 240°C. Po uzupełnieniu formy stopem, na wierzch formy wsypano 5 g granulatu poliaramidowego o średniej wielkości ziaren 2 mm i przykryto uprzednio przygotowaną tkaniną poliamidową o wymiarach 210x210x0,2 mm. W kolejnym kroku na tkaninę położono górną metalową płytę o wymiarach 210x210x10 mm i całość umieszczono w prasie hydraulicznej z grzanymi stemplami. Formę wraz z zawartością prasowano w czasie 7 minut w temperaturze 250°C pod naciskiem 25 barów. Po ochłodzeniu formy do temperatury pokojowej, wyjęto z formy kompozytowy blok, stanowiący rdzeń panelu. Następnie przygotowano mieszaninę żywicy epoksydowej z utwardzaczem. W tym celu do ciekłej żywicy epoksydowej o liczbie epoksydowej 0,51 mol/100 g, dodano w temperaturze 25°C proszku grafitowego w ilości 5 części wagowych na 100 części wagowych całej kompozycji epoksydowej (tj. kompozycji z napełniaczem). Składniki wymieszano z prędkością 300 obr/min, w czasie 15 minut, stosując mieszadło mechaniczne i następnie dodano utwardzacza aminowego w ilości 40 części wagowych na 100 części wagowych żywicy epoksydowej. Po ponownym wymieszaniu składników w temperaturze 25°C, w czasie 15 minut, z prędkością mieszania 300 obr/min, zalano mieszaniną połowę formy silikonowej o wymiarach wewnętrznych 210x210x30 mm, odczekano aż do rozpoczęcia żelowania kompozycji epoksydowej, po czym w formie umieszczono uprzednio otrzymany wielowarstwowy rdzeń kompozytowy i zalano mieszaniną żywicy epoksydowej formę do pełna. Następnie całość pozostawiono do związania na okres 48 godzin, bez stosowania odgazowania.

Przykład II

Na dolną płytę metalową położono przygotowaną tkaniną poliamidową o wymiarach 210x210x1 mm. Następnie na płycie z tkaniną umieszczono dwie ramki metalowe. Na dno formy wsypano 10 g granulatu poliaramidowego o średniej wielkości ziaren do 3 mm. W kolejnym kroku formę do poziomu pierwszej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/montmorylonit, gdzie ilość napełniacza stanowiło 7,5 części

wagowych na 100 części wagowych kompozytu. Nanokompozyt poliamid-6/montmorylonit otrzymano metodą interkalacji w stanie stopionym polimeru przy użyciu wyciarkarki dwuślismakowej, jak w przykładzie 1. Kolejno na powierzchni niezastygniętego stopu umieszczono zbrojenie o wymiarach 200x200x2 mm, składający się z 22 splecionych pierścieni o średnicy wewnętrznej 10 mm i grubości 2 mm, wykonanych z mosiądzu. W dalszym kroku formę do poziomu drugiej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/montmorylonit. Temperatura stopu wynosiła 250°C. Po uzupełnieniu formy stopem, na wierzch formy wsypano 10 g granulatu poliaramidowego o średniej wielkości ziaren do 3 mm i przykryto uprzednio przygotowaną tkaniną poliamidową o wymiarach 210x210x1 mm. W kolejnym kroku na tkaninę położono górną metalową płytę o wymiarach 210x210x10 mm i całość umieszczono w prasie hydraulicznej z grzanymi stemplami. Formę wraz z zawartością prasowano w czasie 5 minut w temperaturze 240°C pod naciskiem 15 barów. Po ochłodzeniu formy do temperatury pokojowej, wyjęto z formy kompozytowy blok stanowiący rdzeń panelu. Następnie przygotowano mieszaninę żywicy epoksydowej z utwardzaczem. W tym celu do ciekłej żywicy epoksydowej o liczbie epoksydowej 0,55 mol/100 g, dodano w temperaturze 25°C, proszku grafitowego, w ilości 3 części wagowych na 100 części wagowych całej kompozycji epoksydowej. Składniki wymieszano z prędkością 50 obr/min, w czasie 5 minut, stosując mieszadło mechaniczne i następnie dodano utwardzacza aminowego w ilości 50 części wagowych na 100 części wagowych żywicy epoksydowej. Po ponownym wymieszaniu składników w temperaturze 25°C, w czasie 5 minut, z prędkością mieszania 50 obr/min, zalano mieszaniną połowę formy silikonowej o wymiarach wewnętrznych 210x210x35 mm, a następnie, jak w przykładzie 1, w formie umieszczono uprzednio otrzymany wielowarstwowy rdzeń kompozytowy i zalano mieszaniną żywicy epoksydowej formę do pełna. Całość pozostawiono do związania na okres 72 godzin, bez stosowania odgazowania.

Przykład III

Na dolną płytę metalową położono przygotowaną tkaniną poliamidową o wymiarach o wymiarach 210x210x2 mm. Następnie na płycie z tkaniną umieszczono dwie ramki metalowe. Na dno formy wsypano 7,5 g granulatu poliestrowego o średniej wielkości ziaren 0,5 mm. W kolejnym kroku formę do poziomu pierwszej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/nanokrzemionka, gdzie ilość napełniacza stanowiło

3 części wagowych na 100 części wagowych kompozytu. Nanokompozyt poliamid-6/nanokrzemionka otrzymano metodą interkalacji w stanie stopionym polimeru przy użyciu wyciarki dwuśliskowej, jak w przykładzie 1.

Następnie na powierzchni niezastygniętego stopu umieszczono zbrojenie o wymiarach 200x200x2 mm, składające się z 24 splecionych pierścieni o średnicy wewnętrznej 8 mm i grubości 2 mm, wykonanych ze stali chromowo-molibdenowej. W dalszym kroku formę do poziomu drugiej ramki uzupełniono gorącym nanokompozytem poliamid-6/nanokrzemionka. Temperatura stopu wynosiła 250°C. Po uzupełnieniu formy stopem, na wierzch formy wsypano 7,5 g granulatu poliestrowego o średniej wielkości ziaren 0,5 mm i przykryto uprzednio przygotowaną tkaniną poliamidową o wymiarach 210x210x2 mm. W kolejnym kroku na tkaninę położono górną metalową płytę o wymiarach 210x210x10 mm i całość umieszczono w prasie hydraulicznej z grzanymi stemplami. Formę wraz z zawartością prasowano w czasie 10 minut w temperaturze 255°C pod naciskiem 20 barów. Po ochłodzeniu formy do temperatury pokojowej, wyjęto z formy kompozytowy blok stanowiący rdzeń panelu. Następnie przygotowano mieszaninę żywicy epoksydowej z utwardzaczem. W tym celu do ciekłej żywicy epoksydowej o liczbie epoksydowej 0,59 mol/100 g, dodano w temperaturze 25°C, proszku grafitowego, w ilości 5 części wagowych na 100 części wagowych całej kompozycji epoksydowej. Składniki wymieszano z prędkością 150 obr/min, w czasie 10 minut, stosując mieszadło mechaniczne i następnie dodano utwardzacza bezwodnikowego (epichlorohydryna) w ilości 35 części wagowych na 100 części wagowych żywicy epoksydowej. Po ponownym wymieszaniu składników w temperaturze 25°C, w czasie 5 minut, z prędkością mieszania 150 obr/min, zalano mieszaniną połowę formy silikonowej o wymiarach wewnętrznych 210x210x50 mm. Następnie, jak w przykładzie 1, w formie umieszczono uprzednio otrzymany wielowarstwowy rdzeń kompozytowy i zalano mieszaniną żywicy epoksydowej formę do pełna. Następnie całość pozostawiono do związania na okres 72 godzin, bez stosowania odgazowania.

Panele wytworzone w przedstawionych powyżej przykładach wykazały w laboratoryjnych próbach wytrzymałość na zginanie statyczne od 7 do 10 MPa. W badaniach udarności metodą Charpy'ego z użyciem młota 6 kg ustalono, że panele pochłaniają energię w zakresie od 50 do 70 J.

RZECZNIK PATENTOWY

²³⁹¹
A. Stachowski
mgr inż. Andrzej Stachowski