

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246795 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437155**

(22) Data zgłoszenia: **2021.03.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.09.05 BUP 36/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.03.10 WUP 10/2025**

(51) MKP:

C08L 97/02 (2006.01)

C08L 23/06 (2006.01)

C08L 51/06 (2006.01)

C08L 3/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO W WARSZAWIE, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**PIOTR BORYSIUK, Piaseczno, PL
PIOTR BORUSZEWSKI, Warszawa, PL
RADOSŁAW AURIGA, Szczecin, PL
SŁAWOMIR MONDER, Warszawa, PL
LESZEK DANECKI, Czersk, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Gdula, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Kompozyt i sposób jego wytwarzania

PL 246795 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt z cząstek lignocelulozowych i tworzywa sztucznego (WPC; ang. *wood-plastic composite*) i sposób wytwarzania kompozytu bazującego na cząstkach lignocelulozowych i polimerze termoplastycznym, modyfikowanego skrobią.

Z polskiego zgłoszenia PL418134A1 znany jest sposób wytwarzania kompozytu WPC zawierającego jako wypełniacz rozdrobnione odpady płyty wiórowej (w ilości od 40 do 98%) pochodzącej z recyklingu mebli oraz elementów konstrukcyjnych.

Z polskiego zgłoszenia PL421599A1 znany jest proces wytwarzania kompozytów WPC o spienionej strukturze. Polega on na wprowadzeniu uplastycznionego kompozytu do formy a następnie wprowadzenie pod ciśnieniem 20–25 barów dwutlenku węgla. W skład kompozytu wchodzi matryca poliolefinowa (polipropylen PP lub polietylen o dużej gęstości HDPE), wypełniacz w postaci pyłu drzewnego (w ilości 10–250% wag. matrycy), kompatybilizator (w ilości 10–35% wag. matrycy) oraz przeciwutleniacza (w ilości 0,3–1,2% wag. matrycy).

W opisie patentowym CN101698749B opisano formulację i metodę wytwarzania kompozytu drewno-plastik. W jego skład wchodzi od 30 do 80 cz. wag. cząstek lignocelulozowych, od 15 do 80 cz. wag. polimerów termoplastycznych, od 2 do 10 cz. wag. rozpuszczalnika fazowego; od 2 do 10 cz. wag. środków smarnych, od 0 do 10 cz. wag. stabilizatora, od 0,2 do 1,0 cz. wag. przeciwutleniacza, od 5 do 15 cz. wag. wypełniacza oraz od 2 do 20 cz. wag. antypirenow. Końcowy kompozyt powstaje na drodze wytlaczania.

Ze zgłoszenia patentowego CN103087400A znany jest skład i sposób wytwarzania kompozytu z cząstek drewna i termoplastycznych tworzyw sztucznych. Formulacja kompozytu zawiera od 40 do 75 cz. wag. termoplastów, od 20 do 50 cz. wag. rozdrobnionego drewna (mączki drzewnej) oraz od 5 do 10 cz. wag. środków pomocniczych. W pierwszym etapie wytwarzania, podczas mieszania rozdrobnionych składników, poddawane są one procesowi silanizacji. Następnie przy wykorzystaniu wytłaczarki dwuślimakowej kompozyt jest pozyskiwany w postaci granulatu.

Ze zgłoszenia międzynarodowego WO2009095622A3 znany jest skład i sposób wytwarzania kompozytu termoplastycznego zawierającego w swoim składzie 51% wag. plastyfikowanej skrobi. Pozostałą część kompozytu stanowi polimer (inny niż skrobiowy) oraz środek pomostowy o masie cząsteczkowej mniejszej niż 5000 (wspomagający łączenie składników wchodzących w skład kompozytu).

Ze zgłoszenia US20100305271A1 znana jest formulacja kompozytu termoplastycznego, w skład którego wchodzi co najmniej 45% wag. skrobi rozpuszczalnej, do 55% wag. innego polimeru (inny niż skrobiowy), oraz środek wspomagający łączenie zawierający co najmniej dwie grupy funkcyjne zdolne do reakcji z pozostałymi składnikami. W opisie zgłoszenia przedstawiono również sposób wytwarzania kompozytu.

Ze zgłoszenia US20100311905A1 znany jest sposób przygotowania kompozytu termoplastycznego na bazie skrobi, obejmujący kilka etapów dotyczących wyboru składników (skrobia, plastyfikator), przygotowania plastyfikowanej skrobi, wprowadzenia ewentualnych dodatków funkcyjnych oraz ogrzewanie mieszaniny w celu połączenia składników.

Z opisu patentowego US8802754B2 znane są materiały kompozytowe zawierające w swoim składzie nieuplastycznioną i nieżelowaną skrobię oraz polimer termoplastyczny (polietylen lub polipropylen). Przykładowa formulacja kompozytu obejmuje: 20 do 80% wag. skrobi, od 0,5 do 4% wag. kompatybilizatora, od 20 do 78% wag. polimeru termoplastycznego oraz od 0 do 15% wag. włókien lignocelulozowych.

Ze zgłoszenia międzynarodowego WO2009150385A2 znany jest skład kompozytu, będącego termoplastem i/lub elastomerem, zawierającego od 50 do 99,95% wag. skrobi, od 0,05 do 50% wag. nanododatków (syntetycznych, organicznych lub mineralnych) oraz co najmniej jeden polimer (inny niż skrobiowy).

W zgłoszeniu CN105400090A przedstawiono kompozyt na bazie włókien naturalnych i polimeru termoplastycznego oraz dodatkowo wysuszonego osadu z recyklingu makulatury jako wypełniacza i/lub dodatku wzmacniającego. Osad ten może zawierać związki mineralne, włókna lignocelulozowe, cząstki barwników, skrobi, lateksu i innych związków nieorganicznych w niewielkiej ilości.

Ze zgłoszenia CN105398155A znany jest skład i sposób wytwarzania kompozytu warstwowego, w którym warstwa zewnętrzna zawiera polimer termoplastyczny i cząstki lignocelulozowe, zaś w skład drugiej warstwy (wewnętrznej) wchodzi polimer termoplastyczny oraz wysuszony osad z recyklingu makulatury.

Ze zgłoszenia CN101885231A znana jest formuacja biodegradowalnego kompozytu drzewno-polimerowego. W jego skład wchodzi od 30 do 90 cz. wag. skrobi, od 5 do 50 cz. wag. włókna roślinnego, od 0,5 do 40 cz. wag. plastyfikatora; od 0,5 do 10 cz. wag. środka sieciującego, od 0,5 do 10 cz. wag. środka wzmacniającego i od 0,5 do 2 cz. wag. środka wybielającego. Kompozyt wytwarzany jest z wykorzystaniem wyciarki dwuślimakowej.

Ze zgłoszenia europejskiego EP2615209A1 znane jest wykorzystanie skrobi do wytwarzania materiałów drewnopochodnych o niskiej gęstości. W ich skład wchodzi: mąka zbożowa i mączka drzewna (w stosunku od 70:30 do 30:70), drożdże w formie zdyspergowanej oraz wodny roztwór żelowanej skrobi. Wszystkie składniki miesza się ze sobą i wyrabia jak ciasto, a następnie poddaje obróbce termicznej w temperaturze 100–400°C przez 20–45 minut.

Kompozyty WPC, to materiały powstałe z połączenia termoplastycznych tworzyw sztucznych (np. polietylenu, polipropylenu, poli(chlorku winylu)) na ogół z cząstkami drewna w postaci włókien lub mączki. Oprócz drewna, jako napełniacze do kompozytów WPC wykorzystywane mogą być również cząstki pozyskane z innych surowców roślinnych np. bagassy, bambusa, juty, kenafu, konopi, kukurydzy, lnu, ryżu, sisalu itd. Udział napełniaczy w kompozycie, zależnie od jego rodzaju i przeznaczenia, waha się na ogół w granicach 40 ÷ 60%, jednak przy dobrej homogenizacji składników zawartość cząstek lignocelulozowych może osiągnąć poziom nawet 70–80%. W celu poprawy właściwości kompozytów WPC, jak i polepszenia efektywności procesu ich wytwarzania, do mieszaniny termoplast-drewno wprowadzane są substancje dodatkowe, takie jak:

- środki wspomagające łączenie (kompatybilizery) – stosowane są do poprawy adhezji polimeru do drewna i poprawy dyspersji cząstek drewna w polimerze. Wpływa to na poprawę właściwości wytrzymałościowych oraz zwiększenie odporności na działanie wody i procesów starzenia,
- środki smarne – stosowane w celu poprawy zdolności przepływu i właściwości powierzchni kompozytów WPC w trakcie procesu wytwarzania. Środki smarne mogą spełniać funkcje zewnętrzne (zapobiegają przywieraniu polimerów do elementów urządzeń) oraz wewnętrzne (ułatwiają tworzenie jednorodnych mieszanin cząstek drewna, polimerów i dodatków),
- pigmenty i barwniki – dodawane są w celu zapobiegania powstawaniu ewentualnych przebarwień, a także w celu nadania kompozytowi określonego koloru. Bez dodatku barwników wyroby mają na ogół barwę szarą. Może ona również ulegać zmianom w trakcie użytkowania wyrobów na skutek oddziaływania warunków zewnętrznych (promieniowanie UV, deszcz, śnieg, zanieczyszczenia),
- antyoksydanty (przeciwutleniacze) – stosowane są w celu przeciwdziałania degradacji termoplastów w trakcie wytwarzania i późniejszego użytkowania kompozytów WPC. Są one szczególnie istotne w przypadku wykorzystywania PCW,
- absorbery UV – ograniczają szkodliwy wpływ promieniowania UV na wytworzone wyroby, dzięki czemu wydłuża się ich czas użytkowania, szczególnie w warunkach zewnętrznych,
- środki biobójcze i antyseptyczne – zabezpieczają kompozyty przed pleśnią i rozkładem biologicznym napełniaczy naturalnych w trakcie ich użytkowania przy zwiększonej wilgotności. Rodzaj i ilość środków zależy od rodzaju i ilości napełniacza, oraz stanu potencjalnego narażenia w trakcie użytkowania,
- antypireny – stosowane są w celu ograniczenia palności i opóźnienia rozprzestrzeniania się ognia na powierzchni kompozytów WPC. Można do nich zaliczyć między innymi boran cynku czy polifosforan amonu),
- środki spieniające – stosowane są w celu obniżenia ciężaru właściwego gotowych wyrobów poprzez spienienie termoplastów (kompozyty WPC są zazwyczaj cięższe od naturalnego drewna). Dodatkowo środki te mogą korzystnie wpływać na sztywność oraz obrabialność otrzymanych wyrobów. Do środków spieniających wykorzystywanych w technologii kompozytów WPC można zaliczyć między innymi dwutlenek węgla, azot, argon, chlorofluorowęglowodory, azodikarbonamid i wodorowęglan sodu.

Rodzaj i ilości poszczególnych dodatków dobierane są przez producentów kompozytów WPC w zależności od wymaganych właściwości produktu. Ich ilość nie przekracza jednak zazwyczaj około 4–5% w stosunku do matrycy i napełniacza.

Skrobia jest polimerycznym węglowodanem występującym często w postaci zróżnicowanych objętościowo i wymiarowo ziarenek. Jest ona najważniejszym polisacharydem zapasowym u roślin, które magazynują go w owocach, nasionach, korzeniach w formie ziaren w liściach, bulwach, rdzeniu łądy

i kłączach. Szczególnie bogate w skrobię są ziarna zbóż, bulwy ziemniaka i manioku, a także kolby kukurydzy. Czysta skrobia jest białą, semikrystaliczną substancją bez smaku i zapachu, nierozpuszczalną w zimnej wodzie, zaś z gorącą wodą tworzy kleik skrobiowy. Skrobia hydrolizuje wyłącznie na α -D-glukozę, lecz nie jest jednorodnym chemicznie związkami.

Składa się z dwóch frakcji:

- generalnie nierozgałęzionej amylozy, zbudowanej z reszt glukozowych połączonych ze sobą atomami tlenu za pomocą wiązań α -1,4-glikozydowych. Amyloza nie rozpuszcza się w zimnej wodzie, rozpuszcza się natomiast w wodzie gorącej, prawdopodobnie z częściową degradacją,
- rozgałęzionej amylopektyny, w której występują dodatkowe wiązania α -1,6-glikozydowe, a ich ilość szacuje się na ok. 4%. Amylopektyna rozpuszcza się w zimnej wodzie (co wymaga jednak wcześniejszego uzyskania silnej dyspersji skrobi, np. przez potraktowanie dimetylo-sulfotlenkiem). Należy jednak zaznaczyć, iż skrobie odmian woskowych (ziemniaczana, kukurydziana, ryżowa), pomimo że zawierają wyłącznie amylopektynę, nie są rozpuszczalne w zimnej wodzie.

Udział poszczególnych frakcji w skrobi jest zależny od jej botanicznego pochodzenia. Zawartość amylozy według różnych źródeł literaturowych wynosi: 10–35%, a w szczególności w skrobi ziemniaczanej – 21%, kukurydzianej – 28%, kukurydzianej woskowej – 0%, pszennej – 28%, tapiokowej – 17%. Od rodzaju surowca zależne są również właściwości fizyczne i chemiczne. Stwierdzono, że dobrymi właściwościami fizycznymi wyróżnia się skrobia ziemniaczana, z kolei najmniej korzystne właściwości wykazuje skrobia pozyskana z pszenicy oraz jęczmienia. Istotne znaczenie w procesie wykorzystania skrobi ma jej zdolność kleikowania. Proces ten zachodzi po dodaniu wody o wysokiej temperaturze. Wówczas wiązania wodorowe pękają a woda tworzy z wyplukaną amylazą koloid. Co istotne, skrobie lekko kleikujące, do których zaliczane są ziemniaczane czy tapiokowe, ulegają w trakcie pasteryzacji molekularnemu rozproszeniu i dłuższa hydroliza może powodować obniżenie cech lepkościowych. Z kolei oddziaływanie ściśle określonych warunkach dynamiczno-termicznych w procesie wyłaczania w obecności plastyfikatora pozwala przetworzyć skrobię natywną (kukurydzianą lub ziemniaczaną) do postaci termoplastycznej. Pod wpływem ciśnienia i dużych naprężeń ścinających podczas wyłaczania następuje zakłócenie krystalicznej struktury skrobi i skonwertowanie jej do homogenicznego polimeru amorficznego, zdolnego do termoplastycznego przetwórstwa, co jest pożądane szczególnie przy wytwarzaniu kompozytów WPC. Skrobia i niektóre jej pochodne (skrobie modyfikowane np. estry, produkty degradacji, utlenienia i częściowej hydrolizy) są wykorzystywane przede wszystkim na potrzeby przemysłu spożywczego, papierniczego oraz farmaceutycznego, co stanowi ok. 90% ich wykorzystania na terenie UE. W mniejszym stopniu skrobia i jej pochodne znajdują zastosowanie w innych gałęziach gospodarki m.in. w przemyśle włókienniczym, kosmetycznym, tekstylnym oraz do produkcji klejów. Ostatnio skrobia znajduje również zastosowanie przy wytwarzaniu biokompozytów. Materiały te wykorzystywane są na ogół do wytwarzania przedmiotów o stosunkowo niskich parametrach wytrzymałościowych (wyroby niekonstrukcyjne) i krótkim cyklu życia (opakowania, naczynia jednorazowe itp.).

Zastosowanie skrobi jako dodatku do kompozytu WPC według niniejszego wynalazku pozwala wytworzyć materiał o zdecydowanie lepszych właściwościach wytrzymałościowych dedykowanych wyrobom o dłuższym cyklu życia (np. deski podłogowe).

Mimo że w stanie techniki znanych jest wiele kompozytów, istnieje wciąż zapotrzebowanie na zapewnienie kompozytu o ulepszonych właściwościach. Kompozyty WPC stosowane są powszechnie jako materiał do wytwarzania elementów infrastruktury tarasowej lub ogrodowej, bezpośrednio narażonej na działanie warunków zewnętrznych. W odniesieniu do tego typu aplikacji szczególnie istotne jest, aby kompozyt wykazywał bardzo dobre właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość na zginanie statyczne, moduł sprężystości czy zdolność utrzymania łączników, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego wpływu wilgoci (ograniczenie spęcznienia).

Przedmiotem wynalazku jest zatem kompozyt zawierający 44 cz. wag. ($\pm 15\%$) polietylenu o wysokiej gęstości, 50 cz. wag. ($\pm 15\%$) rozdrobnionych cząstek drewna, 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) maleinowanego polietylenu oraz 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) skrobi pochodzenia roślinnego, zwłaszcza ziemniaczanej lub kukurydzianej.

Kolejnym przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytu według wynalazku, charakteryzujący tym, że obejmuje następujące etapy:

- a) osuszanie cząstek drewna do poziomu maksymalnej wilgotności 2%,
- b) homogenizowanie w mieszalniku wolnoobrotowym mieszaniny zawierającej 44 cz. wag. ($\pm 15\%$) polietylenu o wysokiej gęstości, 50 cz. wag. ($\pm 15\%$) rozdrobnionych cząstek drewna, 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) maleinowanego polietylenu oraz 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) skrobi pochodzenia roślinnego, zwłaszcza ziemniaczanej lub kukurydzianej, przy czym korzystnie mieszanie prowadzi się w temperaturze 20°C, pod ciśnieniem atmosferycznym,
- c) otrzymywanie kompozytu poprzez homogenizowanie kompozycji otrzymanej w etapie b) w wylączarce w zakresie temperatur 170°C – 180°C,
- d) rozdrabnianie kompozytu otrzymanego w etapie c) do postaci granulatu.

Kompozyt WPC według wynalazku wytwarza się poprzez połączenie polietylenu o wysokiej gęstości (HDPE) z cząstkami drewna, z dodatkiem kompatybilizera w postaci polietylenu maleinowanego (MPE) oraz skrobi. Dzięki wprowadzeniu skrobi jako dodatkowego czynnika modyfikującego uzyskano efektywniejsze połączenie cząstek drewna ze sobą i z tworzywem termoplastycznym. Wprowadzenie dodatkowego czynnika modyfikującego następuje kosztem udziału termoplastu, co przyczynia się do zwiększenia biodegradowalności kompozytów. Modyfikacja kompozytów WPC poprzez wprowadzenie dodatkowego czynnika modyfikującego w postaci skrobi, korzystnie roślinnej, zwłaszcza kukurydzianej lub ziemniaczanej, prowadzi do wzmocnienia połączeń pomiędzy termoplastem, a cząstkami lignocelulozowymi jest propozycją dla nowych technologii produkcji kompozytów WPC o przydatnych właściwościach fizycznych i mechanicznych oraz zwiększonej biodegradowalności. Dodatek skrobi do kompozytów WPC wpływa na min. 50% przyrost szybkości porostania powierzchni materiału przez grzyb *Aspergillus niger*. Efekt ten ulega zwiększeniu po wstępnym namoczeniu materiału.

Stosowany zgodnie z wynalazkiem polimer termoplastyczny jest polietylenem o wysokiej gęstości (HDPE) wytwarzanym z monomeru etylenu. HDPE jest znany ze swojego wysokiego stosunku wytrzymałości do gęstości. Gęstość HDPE może wynosić od 930 do 970 kg/m³.

Przykład 1

Kompozyt WPC zawiera matrycę w postaci polimeru termoplastycznego, która stanowi wysokiej gęstości polietylen (HDPE) o zawartości 44 cz. wag. ($\pm 15\%$), napelniacz w postaci rozdrobnionych cząstek drewna o zawartości 50 cz. wag. ($\pm 15\%$), kompatybilizator w postaci maleinowanego polietylenu (MPE) o zawartości 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) oraz modyfikator w postaci skrobi, korzystnie ziemniaczanej lub kukurydzianej, o zawartości 3 cz. wag. ($\pm 15\%$).

Przykład 2

Sposób wytwarzania kompozytu WPC obejmuje następujące etapy:

- a) osuszanie cząstek drewna do poziomu maksymalnej wilgotności 2%,
- b) homogenizowanie na sucho w mieszalniku wolnoobrotowym składników kompozycji w postaci HDPE 44 cz. wag. ($\pm 15\%$), cząstek drewna 50 cz. wag. ($\pm 15\%$), MPE 3 cz. wag. ($\pm 15\%$), skrobi, korzystnie ziemniaczanej lub kukurydzianej, 3 cz. wag. ($\pm 15\%$),
- c) otrzymywanie kompozytu poprzez homogenizowanie kompozycji otrzymanej w etapie b) w wylączarce Leistriz Nürnberg w zakresie temperatur w poszczególnych sekcjach wylączarki: sekcja 1 i 2 – 180°C, sekcja 3, 4, 5, 6 i – 170°C,
- d) rozdrabnianie kompozytu otrzymanego w etapie c) do postaci granulatu.

Przykład 3

Przeprowadzono badania otrzymanego kompozytu obejmujące etapy:

- a) z otrzymanego sposobem według wynalazku (przykład 2) granulatu wytwarzano płyty metodą prasowania płaskiego w prasie jednopółkowej o powierzchni nurnika 272 cm², ogrzewanej elektrycznie w temperaturze 200°C, przy maksymalnym ciśnieniu prasowania 5 MPa w czasie 6 min. W celu stopniowego uplastyczniania granulatu, podczas prasowania ciśnienie zwiększano etapami co 1 minutę odpowiednio: od 0 do 2 MPa przez 1 min, od 2 do 3 MPa po 2 min, od 3 do 4 MPa po 3 min, od 4 do 5 MPa po 4 min, a następnie po 5 min zredukowano od 5 do 0 MPa przez 1 min. Po prasowaniu płytę chłodzono w prasie zimnej (w temperaturze 20°C) pod ciśnieniem 1 MPa w czasie 6 min.
- b) otrzymane płyty w etapie a) poddano sezonowaniu przez okres 7 dni w temperaturze 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) i o wilgotności powietrza 65% ($\pm 5\%$).

c) otrzymane płyty w etapie b) poddano następującym badaniom:

- pomiar wytrzymałości na zginanie statyczne (MOR) zgodnie z PN-EN 310:1994,
- wyznaczono moduł sprężystości (MOE) zgodnie z PN-EN 310:1994,
- wyznaczono opór przy osiowym wyciąganiu wkrętów zgodnie z PN-EN 320:2011,
- pomiar spęcznienia na grubość po 2 i 24 godzinach moczenia płyty w wodzie zgodnie z PN-EN 317:1999.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zarówno wytrzymałość na zginanie statyczne (MOR), jak i moduł sprężystości (MOE) przy zginaniu statycznym kompozytów WPC według wynalazku z dodatkiem skrobi wykazują wartości odpowiednio o 43% i 29% wyższe w porównaniu z kompozytem standardowym (bez dodatku skrobi, zawierającym: 47% wag. ($\pm 15\%$) polietylenu o wysokiej gęstości, 50% wag. ($\pm 1\%$) rozdrobnionych cząstek drewna, 3% wag. ($\pm 15\%$) maleinowanego polietylenu). Wzrost wytrzymałości o 28% odnotowano również w przypadku utrzymania wkrętów. Badając odporność kompozytów WPC z dodatkiem skrobi na działanie wody stwierdzono, że charakteryzują się one około 5-krotnie niższym spęcznieniem w czasie 2 h moczenia w wodzie i około 1,7-krotnie niższym spęcznieniem w czasie 24 h moczenia w wodzie. Stwierdzono, że modyfikacja kompozytów WPC skrobią wpływa korzystnie na ich właściwości fizyczne i mechaniczne. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Tabela 1

Kompozyt	Spęcznienie na grubość po 2 h [%]	σ [%]	V [%]	Spęcznienie na grubość po 24 h [%]	σ [%]	V [%]
standardowy	3,09	0,56	18	4,31	0,39	9
z dodatkiem skrobi	0,66	0,18	28	2,50	0,38	15
σ -odchylenie standardowe						
V-współczynnik zmienności						

Tabela 2

Kompozyt	MOR [MPa]	σ [MPa]	V [%]	MOE [MPa]	σ [MPa]	V [%]	Utrzymanie wkrętów [N/mm]	σ [N/mm]	V [%]
standardowy	23,1	1,0	4	1917	94	5	183,3	8,2	4
z dodatkiem skrobi	33,1	0,9	3	2464	188	8	234,1	18,5	8
σ -odchylenie standardowe									
V-współczynnik zmienności									

Zastrzeżenia patentowe

1. Kompozyt zawierający 44 cz. wag. ($\pm 15\%$) polietylenu o wysokiej gęstości, 50 cz. wag. ($\pm 1\%$) rozdrobnionych cząstek drewna, 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) maleinowanego polietylenu oraz 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) skrobi pochodzenia roślinnego, zwłaszcza ziemniaczanej lub kukurydzianej.
2. Sposób wytwarzania kompozytu określonego w zastrz. 1, **znamienny tym**, że obejmuje następujące etapy:
 - a) osuszanie cząstek drewna do poziomu maksymalnej wilgotności 2%,
 - b) homogenizowanie w mieszalniku wolnoobrotowym mieszaniny zawierającej 44 cz. wag. ($\pm 15\%$) polietylenu o wysokiej gęstości, 50 cz. wag. ($\pm 15\%$) rozdrobnionych cząstek drewna, 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) maleinowanego polietylenu oraz 3 cz. wag. ($\pm 15\%$) skrobi pochodzenia roślinnego, zwłaszcza ziemniaczanej lub kukurydzianej, przy czym korzystnie mieszanie prowadzi się w temperaturze 20°C, pod ciśnieniem atmosferycznym,
 - c) otrzymywanie kompozytu poprzez homogenizowanie kompozycji otrzymanej w etapie b) w wyciwarzarce w zakresie temperatur 170°C – 180°C,
 - d) rozdrabnianie kompozytu otrzymanego w etapie c) do postaci granulatu.