

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247400 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **445359**

(22) Data zgłoszenia: **2023.06.26**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.12.30 BUP 53/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.23 WUP 25/2025**

(51) MKP:

C08L 67/04 (2006.01)

C08K 5/5419 (2006.01)

B33Y 70/00 (2020.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**UNIwersytet im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu, Poznań, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
**BOGNA SZTORCH, Poznań, PL
ROBERT PRZEKOP, Suchy Las, PL
JULIA GŁOWACKA, Poznań, PL
DARIA PAKUŁA, Poznań, PL
DARIUSZ BRZĄKALSKI, Wiórek, PL**

(74) Pełnomocnik:
**rzecz. pat. Joanna Matkowska-Peszko,
Poznań, PL**

(54) Tytuł:

**Kompozyt na podstawie polilaktydu z oktasferokrzemianami PLA/OSS z grupami
metakrylowymi i sposób jego wytwarzania**

PL 247400 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozyt na podstawie polilaktydu (PLA) z oktasferokrzemianami (OSS) posiadającymi jako grupy funkcyjne grupy metakrylowe i (trimetoksylilo)etylowe oraz sposób jego wytwarzania. Modyfikator stanowią oktasferokrzemiany z grupami metakrylowymi i (trimetoksylilo)etylowymi w zmiennej proporcji o podwyższonych parametrach mechanicznych i reologicznych.

Dynamiczny rozwój technik addytywnych wymusza na środowisku akademickim, jak i gospodarczym, zwrócenie większej uwagi w kierunku opracowania nowych i lepszych materiałów, dostosowanych do potrzeb coraz to bardziej zaawansowanych urządzeń drukujących oraz wymagań odbiorców końcowych. Obecnie na całym świecie obserwowane jest formowanie się nowej branży związanej z drukiem 3D, obejmującej projektowanie, wytwarzanie obiektów na zamówienie czy też powstawanie nowych przedsiębiorstw dostarczających materiały drukarskie. Coraz częściej konsumenci zwracają uwagę nie tylko na wygląd wydruków, ale i ich parametry końcowe takie, jak wytrzymałość, a elementy drukowane wykorzystywane są nie tylko w celach ekspozycyjnych, ale także użytkowych, np., jako zamienne części maszyn, czy elementy konstrukcyjne urządzeń. Opracowanie nowych, lepiej przetwarzających się filamentów, pozwalających na druk z większymi prędkościami, o poprawionych właściwościach termicznych i mechanicznych obecnie jest jednym z głównych celów, jakie należy osiągnąć, aby technologie przyrostowe mogły dalej, i tak dynamicznie się rozwijać.

Poli(kwas mlekowy), polilaktyd (PLA) jest najbardziej popularnym tworzywem termoplastycznym stosowanym obecnie w addytywnej technologii FDM obok takich materiałów, jak ABS czy PETG. Może stanowić zieloną alternatywę dla termoplastycznych polimerów petrochemicznych ze względu na zbliżone do nich właściwości mechaniczne, dlatego jest jednym z najbardziej obiecujących biopolimerów termoplastycznych, a niski ślad węglowy, niewielka ilość energii zużywanej do jego produkcji oraz zdolność do biodegradacji i możliwość przemysłowego wytwarzania w dużej skali, czynią go jeszcze bardziej atrakcyjnym materiałem. Polilaktyd produkowany jest z odnawialnych surowców skrobiowych takich jak kukurydza czy trzcina cukrowa, dlatego jego wytwarzanie jest niezależne od światowych rezerw ropy naftowej. Znajduje szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Jest także przedmiotem wielu badań prowadzonych w sferze naukowej i R&D. Wykorzystywany jest m.in. w przemyśle spożywczym do produkcji sztućców i naczyń jednorazowego użytku, a także opakowań do przechowywania artykułów o krótkim terminie przydatności do spożycia. Jego kompozyty wykorzystywane są w branży automotive do wykonywania elementów drzwi samochodowych oraz desek rozdzielczych. Stosowany jest także w włókiennictwie (włókna o dobrych właściwościach termoregulacyjnych), do produkcji odzieży, elementów dekoratorskich, inżynierii biomedycznej (elementy anatomicznych urządzeń wspomagających np. aparatów słuchowych, produkcja nici chirurgicznych, struktur uwalniających leki). Polilaktyd jest powszechnie stosowanym tworzywem termoplastycznym w druku 3D ze względu na swoje dobre właściwości przetwórcze pozwalające na jego wykorzystanie do wytwarzania zarówno elementów o prostych geometriach, jak i bardziej złożonych obiektów. Charakteryzuje się niską temperaturą topnienia, małą wartością skurczu przetwórczego, łatwością przetwarzania, łatwą dostępnością wielu odmian rynkowych. Ze względu na swoje biologiczne pochodzenie stanowi tworzywo bezpieczne dla środowiska, nieuwalniające w trakcie rozkładu szkodliwych substancji, a ponadto nadaje się do wielokrotnego przetwarzania, co czyni go bardzo atrakcyjnym materiałem. Jego niedostateczne właściwości mechaniczne, pogarszające się pod wpływem czynników zewnętrznych, mała elastyczność oraz stabilność termiczna powodują, że nie jest możliwe jego zastosowanie w aplikacjach długoterminowych lub do produkcji odpowiedzialnych części maszyn, dlatego modyfikacja właściwości polilaktydu stanowi obiekt wielu badań naukowych. Rozwiązaniem pozwalającym na zmianę właściwości oraz pogłębienie ekspansji zastosowań PLA może być wprowadzenie do polilaktydu hybrydowych związków typu silseskwiksianów, których pozytywny efekt na właściwości materiałów polimerowych został opisany w literaturze naukowej.

Poliedryczne oligomeryczne silseskwiksany (OSS) to związki metaloorganiczne o rozmiarach nanometrycznych i ogólnym wzorze $[RSiO_{3/2}]_n$. Zbudowane są z nieorganicznego rdzenia składającego się z połączonych ze sobą naprzemiennie atomów krzemu i tlenu (Si-O-Si) oraz grup funkcyjnych (R) reaktywnych bądź inertnych, przyłączonych do naroży klatki silseskwiksianowej. Z uwagi na dobrze zdefiniowaną strukturę przestrzenną, najbardziej interesującą podgrupę stanowią silseskwiksany klatkowe z klatką T8, szczególnie podgrupa sferokrzemianów (ang. *octaspherosilicate*, OSS). Badania naukowe potwierdzają, że dodatek silseskwiksianów bądź sferokrzemianów do polimerów korzystnie

wpływa na takie właściwości jak: stabilność termiczna, przemiany fazowe polimeru, stopień krystaliczności, odporności na utlenianie, twardość powierzchni, właściwości mechaniczne, palność, lepkość, co jest szczególnie ważne w przetwórstwie [B. Yu i in. "Engineering MXene surface with POSS for reducing fire hazards of polystyrene with enhanced thermal stability." *Journal of Hazardous Materials* 401 (2021): 123342; D. H. Lee, Y. W. Chang, K. S. Jang "Morphology, mechanical properties and shape memory effects of polyamide12/polyolefin elastomer blends compatibilized by glycidylisobutyl POSS." *Materials* 14.1 (2020): 27; M. Lipińska, K. Toczek, M. Stefaniak "POSS Fillers as a Factor Influencing on Viscoelastic Properties, Crystallization, and Thermo-Oxidative Degradation of Poly (Lactic Acid)-Epoxidized Natural Rubber PLA/ENR Blend." *Fillers*. IntechOpen, 2020; S. Thomas, L. Somasekharan (ed.) "Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS) Polymer Nanocomposites: From Synthesis to Applications". Elsevier, 2021; C. Yui w: "Designing a PAI/PTFE coating with enhanced high-temperature tribological properties by S8-POSS: Solid-liquid dual lubrication." *Progress in Organic Coatings* 145 (2020): 105667]. Od kilkunastu lat obserwuje się znaczny wzrost ich wykorzystania w produkcji nowych polimerowych materiałów hybrydowych, co jest związane nie tylko z ich znaczącym wpływem na właściwości fizykochemiczne materiałów polimerowych (termoplastycznych, termo- i chemoutwardzalnych), ale także szeroką możliwością projektowania struktur tych związków poprzez przyłączanie odpowiednich grup funkcyjnych w zależności od oczekiwanego efektu. Dotychczas zbadano głównie oktasilseskwiksany monofunkcyjne (silseskwiksany monofunkcyjne oktapodstawione) lub difunkcyjne o siedmiu grupach inertnych i jednej reaktywnej w otoczeniu rdzenia, oceniając ich wpływ na właściwości osnowy polimerowej. Zarówno wybrane oktasilseskwiksany monofunkcyjne, jak i silseskwiksany difunkcyjne z jedną grupą reaktywną powszechnie wykorzystywane są np. w procesach wolnorodnikowej homo- i kopolimeryzacji m.in. polistyrenu (PS), czy polimetakrylanu metylu (PMMA). Dostępne dane literaturowe wskazują na zastosowanie silseskwiksanów w polietylenie (PE), polilaktydzie (PLA), poliamidzie (PA), polikaprolaktamie (PCL), poliwęglanie (PC) a także w blendach polimerowych np. PC-ABS.

Przedmiotem wynalazku są kompozyty polilaktydu (PLA) z funkcjonalizowanymi oktasferokrzmianami (OSS) zawierającymi grupy trimetoksylowe (TMOS) i metakrylowe (MA) oraz sposób ich wytwarzania. Nowe kompozyty cechujące się podwyższonymi parametrami mechanicznymi (wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości przy zginaniu, wytrzymałość na rozciąganie) oraz reologicznymi (MFR) w porównaniu do niemodyfikowanego polimeru (PLA).

Znane są sposoby otrzymywania modyfikowanego polilaktydu:

Wynalazek CN115386209A (Long-acting fragrance-retaining type PLA wire applied to 3D printing field and preparation method and application of long-acting fragrance-retaining type PLA wire) należy do dziedziny materiałów do druku 3D, a w szczególności dotyczy filamentu PLA o długotrwałym zapachu stosowanego w dziedzinie druku 3D oraz sposobu jego przygotowania. Materiał wytworzono poprzez przygotowanie zmodyfikowanego zapachowo polimeru szczepionego POSS-PLA (vanPOSS-PLA), następnie zmieszanie go z PLA, opcjonalnym proszkiem barwiącym zmieniającym barwę w zależności od temperatury i innymi dodatkami, stopienie i granulację, a w końcu przygotowanie długotrwałego zapachowego/czułego na kolor filamentu PLA zmieniającego kolor. vanPOSS-PLA jest odpowiedzialny za wprowadzenie cząsteczek zapachowych do łańcucha molekularnego polimeru. W porównaniu z prostym mieszaniną aromatów dodatek vanPOSS/PLA znacznie poprawia odporność na ciepło i jednolitość dyspersji aromatu podczas przetwarzania i zapewnia długotrwałe utrzymanie zapachu materiału. W patencie opisano wykorzystanie modyfikowanego środkami zapachowymi (np. waniliną, esencją jaśminową) POSS akrylanowy.

Zgłoszenie patentowe PL431294 (Method of modifying polylactide and its composites using siloxane-silsesquioxane resins), którego przedmiotem jest sposób modyfikacji polilaktydu i jego kompozytów przy użyciu żywic siloksanowo-silseskwiksanowych, w którym do polilaktydu bądź jego kompozytów wprowadza się modyfikator zawierający żywice siloksanowo-silseskwiksanowe, które zawierają w swej strukturze chemicznej grupy epoksydowe w ilości od 0,05%(w/w) do 70%(w/w) masowych w stosunku do polimeru, przy czym zastosowany modyfikator zawiera w swym składzie do 100% (w/w) masowych żywic siloksanowo-silseskwiksanowych.

Zgłoszenie patentowe KR20090084144 (A) (PLA/POSS-PLA INCLUDING POSS-PLA AND METHOD FOR PREPARING THE SAME), którego przedmiotem jest nowy rodzaj polimeru PLA/POSS-PLA i sposób jego przygotowania. POSS wykorzystany jest jako inicjator krystalizacji i czynnik poprawiający właściwości mechaniczne folii PLA/POSS-PLA. Układ PLA/POSS-PLA zawiera 0,001–99,999%(w/w) wagowych POSS (polidrycznego oligomerycznego silseskwiksanu) posiadającego grupę hydroksy-

lową (-OH) i 0,001–99,999% (w/w) wagowych PLA (polilaktydu). Polimer PLA/POSS-PLA jest przygotowany przez zmieszanie 0,001–99,999% (w/w) wagowych polimeru POSS-PLA i 0,001–99,999% (w/w) wagowych homopolimeru PLA. Liczba grup hydroksylowych (-OH) w POSS wynosi 1–16. PLA składa się z monomeru wybranego z L,L-laktydu, D,D-laktydu, D,L-laktydu i ich kombinacji.

Patent KR101112088B1 (Polylactide-based Nanocomposites with Rapid Crystallization Rate and Method for Preparing the Same) opisuje metodę wytwarzania nanokompozytów montmorylonit-POSS oraz kompozytów polilaktydu zawierających ten wypełniacz i charakteryzujących się zwiększoną szybkością krystalizacji.

Zgłoszenie patentowe CN115286909 (A) (POSS (Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane) modified bamboo powder reinforced high-ultraviolet-shielding polylactic acid composite material and preparation method thereof) zawiera opis sposobu wytwarzania materiału kompozytowego z modyfikowanym chemicznie proszkiem bambusowym z użyciem POSS zawierającego odpowiednią grupę organiczną (POSS z grupą glicydylową, POSS modyfikowanego kwasem metakrylowym lub POSS modyfikowanego kwasem maleinowym). Wynalazek dotyczy otrzymania kompozytu polilaktydu o wysokich właściwościach ochronnych przed promieniowaniem ultrafioletowym oraz charakteryzującego się ulepszoną wytrzymałością, a także odpornością cieplną.

Znane są sposoby wykorzystania POSS do modyfikacji układów wielopolimerowych (blend) polilaktydu:

Wynalazek CN113683875 (A) (Degradable high-toughness heat-resistant polylactic acid-starch composite material and preparation method thereof) dotyczy dziedziny przetwórstwa materiałów polimerowych, w szczególności degradable materiału kompozytowego kwasu polimlekowego i skrobi o wysokiej wytrzymałości na ciepło oraz sposobu jego przygotowania. Wynalazek dostarcza degradable materiału kompozytowego o wysokiej wytrzymałości i odporności termicznej z kwasu polimlekowego i skrobi, który zawiera kwas polimlekowy, PBAT, nylon 6, polikaprolakton, epoksycykloheksyloetyl-POSS i skrobię. Zastosowana żywica POSS wpływa na poprawę odporności cieplnej poli(kwasu mlekowego) oraz poprawia wytrzymałość PLA.

Wynalazek CN103087486A (Blending nanocomposite material and preparation method thereof) należy do dziedziny technicznej produkcji tworzyw sztucznych, a w szczególności wytwarzania materiału nanokompozytowego. Składnikami nanokompozytu są poli(kwas mlekowy) (PLA), poli(octan winylu) (PVA) oraz oligomeryczny silseskwioksan. Sposób przygotowania mieszalnego nanokompozytowego materiału charakteryzuje się tym, że obejmuje następujące etapy: dodanie poliedrycznego oligomerycznego silseskwioksanu i termoplastycznych elastomerów, a następnie dyspergowanie materiałów, stapianie, mieszanie, wytłaczanie, chłodzenie i granulowanie, otrzymując w ten sposób materiał kompozytowy. Z opisu wynalazku wynika, że otrzymane nanokompozyty charakteryzują się m.in. poprawionymi właściwościami wytrzymałościowymi, poprawioną temperaturą krystalizacji, poprawą jednorodności układu PLA/PVA.

Wynalazek CN113736088A (Polysilsesquioxane, PLA alloy and straw **material**) opisuje materiał składający się z PLA, PBS, talku, środka chroniącego przed hydrolizą, czynnika przedłużającego łańcuch, przeciwutleniacza i polisilseskwioksan. POSS odgrywa rolę kompatybilizatora pomiędzy PLA, PBS i talkiem, co pozwala na wprowadzenie większej ilości talku w systemie polimerowym, dzięki czemu możliwe jest znaczne obniżenie kosztu oraz poprawa odporności cieplnej materiału.

Przegląd literatury patentowej wskazuje na brak danych dotyczących modyfikacji polilaktydu przy użyciu funkcjonalizowanych oktasferokrzemianów z mieszanymi grupami trimetoksylowymi i metakrylowymi.

Istotą wynalazku jest kompozyt na podstawie polilaktydu z oktasferokrzemianami PLA/OSS, który charakteryzuje się tym, że składa się z wag. 95.00–99.90 wag. polilaktydu (PLA) i 5.0–0.10% wag. modyfikatora krzemoorganicznego (OSS), korzystnie 99.00–99.10% PLA i 1.0–0.10% OSS, gdzie modyfikatorem jest oktawodorosferokrzemian posiadający grupy funkcyjne metakrylowe (MA) i (trimetoksylilo)etylowe (TMOS) w stosunkach molowych OSS-2MA-6TMOS albo OSS-4MA-TMOS, albo OSS-6MA-2TMOS.

Sposób wytwarzania kompozytu w postaci koncentratu polega na tym, że PLA podgrzewa się powyżej temperatury mięknienia do uzyskania polimeru w stanie uplastycznionym, dalej do 95.00% PLA dodaje się 5% modyfikatora OSS, otrzymanego w wyniku katalizacyjnej reakcji hydrosililowania oktasferokrzemianu (OSS) z olefinami: winylotrimetoksylan (VTMOS) oraz metakrylan allilu (MA) dodanych w odpowiednich stosunkach molowych, w obecności katalizatora, w temperaturze w T=55°C oraz

w obecności toluenu, przy ciągłym mieszaniu w czasie 24–48 godzin, następnie polimer wraz z modyfikatorem homogenizuje się do uzyskania jednorodnej masy, dalej studzi się, granuluje i suszy w podwyższonej temperaturze.

Sposób wytwarzania kompozytu w postaci filamentu do druku 3D polega na tym, że do kompozytu w postaci koncentratu 5% otrzymanego powyżej opisanym sposobem dodaje się na 500 g kompozytu 250 g–490 g PLA do uzyskania odpowiednio 2.5–0.10% modyfikatora OSS w kompozycie, gdzie pozostałą część stanowi koncentrat, po czym kompozyt wytłacza się w znany sposób do uzyskania kompozytu w postaci żyłki-filamentu do druku 3D.

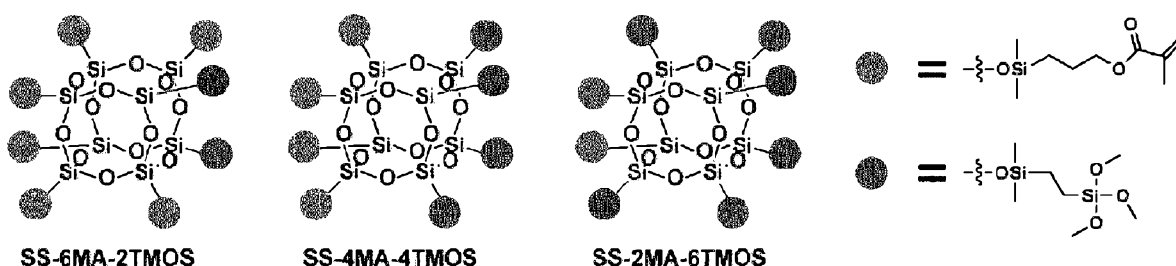
Dzięki zastosowaniu rozwiązania według wynalazku uzyskano następujące efekty techniczno-użytkowe oraz poprawę parametrów termicznych:

- proces syntezy modyfikatorów jest skalowalny. Możliwa jest ich produkcja w skali przemysłowej,
- wytworzone modyfikatory stanowią stabilne dodatki w warunkach wysokotemperaturowego przetwarzania,
- opracowane modyfikatory ułatwiają przetwarzanie polilaktydu pozwalając na zwiększenie efektywności procesów przetwórczych,
- wytworzone kompozyty stanowią materiał, który można przetwarzać znanymi technikami przetwórstwa tworzyw sztucznych m.in. wtryskiwanie, prasowanie, walcowanie, a w szczególności wytłaczanie w celu otrzymania filamentu służącego, jako materiał w procesie przetwórczym formowania obiektów polegającym na wytwarzaniu przyrostowym (druku 3D).
- wytworzone kompozyty cechują się wzrostem właściwości mechanicznych w stosunku do niemodyfikowanego polimeru PLA m.in.: wytrzymałości na rozciąganie, odkształcenia, wytrzymałości na zginanie, modułu sprężystości przy zginaniu, masowego wskaźnika szybkości płynięcia (MFR),
- wytworzone kompozyty stanowią systemy zdolne do biodegradacji, nie są toksyczne dla środowiska,
- nowe kompozyty są łatwe do drukowania,
- wytworzone materiały mogą być wielokrotnie przetwarzane – recykling materiałowy,
- wadliwe wyroby powstałe w wyniku przetwarzania materiału mogą zostać zawrócone do procesu technologicznego – bezodpadowa produkcja,
- utylizacja kompozytów może odbywać się na drodze zarówno recyklingu energetycznego lub chemicznego, jak i metod biologicznego rozkładu,
- rozległe możliwości aplikacyjne m.in.: branża druku 3D, przemysł motoryzacyjny, inżynieria biomedyczna, branża dekoratorska.

Wynalazek ilustrują poniższe przykłady:

Sposób syntezy modyfikatora OSS-xMA-yTMOS

Sposób otrzymywania modyfikatorów OSS-xMA-yTMOS, gdzie x i y oznacza stosunek grup funkcyjnych związku, gdzie $x+y=8$, polegający na tym, że do oktawodorosferokrzemianu (OSS) dodaje się olefiny 1 winylotrimetoksylanu (VTMOS) oraz olefiny 2 metakrylanu allilu (MA), następnie do układu dodaje się katalizator oraz toluen, dalej układ podgrzewa się do temperatury 55°C i ogrzewa mieszając 24–48 godzin. Otrzymane pochodne oktasferokrzemianu stanowiące modyfikatory kompozytów produkty przedstawione są na rysunku.



Sposób przygotowania kompozytu PLA/OSS-xMA-yTMOS:

Kompozyty polilaktydu z OSS-xMA-yTMOS są wytworzone z wykorzystaniem procesów technologicznych przetwórstwa tworzyw sztucznych zapewniających wysoki stopień homogenizacji modyfikatora w osnowie termoplastycznej np. wytłaczarki jedno- i/lub dwuślimakowe, mieszalniki okresowe, walc-

carki i wszystkie inne urządzenia techniczne służące do przetwarzania materiałów polimerowych pozwalające na mieszanie polimeru z modyfikatorem w stanie uplastycznionym. Proces homogenizacji należy prowadzić w warunkach temperaturowych charakterystycznych dla polilaktydu opisanych w kartach technicznych polimeru i rekomendowanych przez producenta. Przykładowy zakres temperatur przetwarzania od 170°C do 240°C. W trakcie procesu homogenizacji polimer znajduje się w stanie uplastycznionym. Materiał polimerowy należy odpowiednio przygotować do przetwarzania tzn. suszyć w celu ograniczenia ewentualnych negatywnych skutków wynikających z obecności wody w polilaktydzie, zgodnie z wytycznymi zalecanymi przez karty techniczne przetwarzanego polimeru.

Wynalazek ilustrują poniższe przykłady:

Etap nr 1

Przygotowanie koncentratu 5% (w/w)

Polilaktyd (PLA) suszono w suszarce do tworzyw, a następnie poddano procesowi homogenizacji z 5%(w/w) udziałem modyfikatora (OSS-6MA-2TMOS, OSS-4MA-4TMOS, OSS-2MA-6TMOS) w temperaturze 215°C, przy użyciu walcarki do przetwarzania tworzyw sztucznych (zamiennie inne urządzenia przetwórcze do homogenizacji tworzyw sztucznych np. wylączarka dwuślimakowa) w celu otrzymania koncentratu. Proces prowadzono przez okres około 15 min, aż do otrzymania pełnej homogeniczności układu. Następnie materiał zmielono przy użyciu młynka wolnoobrotowego i ponownie suszono w celu przygotowania do kolejnych etapów przetwórczych.

Etap nr 2

Przygotowanie filamentów o pożądanym stężeniu i próbek do badań wytrzymałościowych.

Dalej koncentrat użyto do przygotowania kompozycji o stężeniach modyfikatora 0,10% (w/w), 0,25% (w/w), 0,50% (w/w), 1,0% (w/w), 1,5% (w/w) i 2,5% (w/w) oraz wytłoczono do postaci filamentu o średnicy $1,75 \pm 0,05$ mm. Dalej za pomocą drukarki 3D FDM drukowano kształtki zgodnie z PN-EN ISO 20753 – typ 1BA i 1B, do dalszych badań. Parametry wytrzymałościowe przedstawione w poniższych przykładach zostały określone wg. normy PN-EN ISO 527, PN-EN ISO 178, a wskaźnik szybkości płynięcia MFR zgodnie z PN- EN ISO 1133.

Przykłady wykonania:

Przykład 1 (OSS-6MA-2TMOS 0.1% w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 10 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,10% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR (2,16 kg/210°C): $10,14 \pm 0,80$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy Rm: $3,65 \pm 0,04\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (Rm) = $69,95 \pm 0,77$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $100,19 \pm 3,56$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6839,78 \pm 218,97$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA= $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 2 (OSS-6MA-2TMOS 0,25 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 25 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,25% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR (2,16 kg/210°C): $9,68 \pm 0,50$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy Rm: $3,49 \pm 0,01\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (Rm) = $59,68 \pm 0,53$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $88,00 \pm 5,86$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6337,17 \pm 131,32$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA= $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 3 (OSS-6MA-2TMOS 0,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 50 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR (2,16 kg/210°C): $9,21 \pm 0,68$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy Rm: $3,54 \pm 0,05\%$ w odniesieniu

do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $61,38 \pm 0,53$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $89,46 \pm 8,46$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $5904,24 \pm 450,83$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 4 (OSS-6MA-2TMOS 1,00 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 100 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,00% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $9,10 \pm 0,35$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,59 \pm 0,04\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $50,16 \pm 1,52$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $97,64 \pm 3,22$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6409,31 \pm 214,00$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 5 (OSS-6MA-2TMOS 1,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 150 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,09 \pm 0,78$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,57 \pm 0,03\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $59,87 \pm 1,32$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $123,24 \pm 2,49$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7987,64 \pm 88,48$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 6 (OSS-6MA-2TMOS 2,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 250 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 2,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,42 \pm 0,39$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,63 \pm 0,10\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $58,10 \pm 0,45$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $132,85 \pm 3,64$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $8887,16 \pm 234,34$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 7 (OSS-4MA-4TMOS 0,1% w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 10 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,10% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,70 \pm 0,95$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,31 \pm 0,14\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $54,66 \pm 0,67$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $105,11 \pm 4,43$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7213,83 \pm 331,91$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 8 (OSS-4MA-4TMOS 0,25 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 25 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,25% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,56 \pm 0,36$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,14 \pm 0,17\%$ w odniesieniu

do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $60,50 \pm 4,58$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $100,94 \pm 3,51$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6995,75 \pm 229,11$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 9 (OSS-4MA-4TMOS 0,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 50 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,76 \pm 0,46$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,78 \pm 0,15\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $46,30 \pm 1,14$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $106,22 \pm 1,02$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7309,30 \pm 80,61$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 10 (OSS-4MA-4TMOS 1,00 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 100 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,00% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,88 \pm 0,54$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,68 \pm 0,20\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $47,98 \pm 1,08$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $100,14 \pm 6,40$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6748,35 \pm 291,53$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 11 (OSS-4MA-4TMOS 1,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 150 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,10 \pm 0,50$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,64 \pm 0,19\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $49,64 \pm 0,19$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $90,30 \pm 4,67$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6888,84 \pm 147,20$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 12 (OSS-4MA-4TMOS 2,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 250 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 2,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,60 \pm 0,50$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,91 \pm 0,04\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $57,75 \pm 0,78$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $100,30 \pm 1,95$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7004,14 \pm 1345,80$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa

Przykład 13 (OSS-2MA-6TMOS 0.1% w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 10 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,10% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,12 \pm 0,54$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,45 \pm 0,05\%$ w odniesieniu

do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $57,25 \pm 1,08$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $105,01 \pm 10,73$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7136,79 \pm 281,35$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 14 (OSS-2MA-6TMOS 0,25 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 25 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,25% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,04 \pm 0,61$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,27 \pm 0,15\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wytrzymałością na rozciąganie (R_m) = $47,35 \pm 3,42$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA $53,22 \pm 1,96$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $115,65 \pm 2,89$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $7671,97 \pm 248,01$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 15 (OSS-2MA-6TMOS 0,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 50 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 0,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,05 \pm 0,87$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,46 \pm 0,05\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $64,38 \pm 1,09$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $120,33 \pm 6,66$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $8069,46 \pm 603,02$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MPa.

Przykład 16 (OSS-2MA-6TMOS 1,00 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 100 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,00% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,03 \pm 0,54$ g/10min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,63 \pm 0,07\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $60,28 \pm 1,23$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $130,34 \pm 4,02$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $8634,94 \pm 93,56$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MP.

Przykład 17 (OSS-2MA-6TMOS 1,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 150 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 1,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,58 \pm 1,15$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,47 \pm 0,03\%$ w odniesieniu do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $62,93 \pm 1,02$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $97,79 \pm 6,12$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $6993,26 \pm 68,77$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MP.

Przykład 18 (OSS-2MA-6TMOS 2,5 w/w)

Na 500 g kompozytu do polilaktydu dodaje się 250 g, (koncentratu 5% (w/w)), gdzie pozostałą część stanowi polilaktyd, uzyskując kompozyt o stężeniu 2,50% (w/w) a następnie wytłacza się go do formy żyłki (filamentu) i drukuje zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Materiał cechuje się wzrostem wskaźnika MFR ($2,16$ kg/ 210°C): $8,15 \pm 0,89$ g/10 min w odniesieniu do niemodyfikowanego PLA ($7,11 \pm 0,30$ g/10 min). Materiał cechuje się wyższym odkształceniem przy R_m : $3,47 \pm 0,03\%$ w odniesieniu

do osnowy PLA ($2,70 \pm 0,23\%$). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na rozciąganie (R_m) = $52,33 \pm 1,12$ MPa, w odniesieniu do osnowy PLA ($53,22 \pm 1,96$ MPa). Materiał cechuje się wzrostem wytrzymałości na zginanie = $76,21 \pm 3,26$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $83,03 \pm 4,11$ MPa. Materiał cechuje się wzrostem modułu sprężystości przy zginaniu = $5242,42 \pm 231,01$ MPa w odniesieniu do osnowy PLA = $4032,41 \pm 200,25$ MP.

Przykład zastosowania

Przedmiot wynalazku znajduje zastosowanie do produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych. Kompozyt w postaci granulatu znajduje zastosowanie w szczególności do wytwarzania filamentów-żyłki przeznaczonych do wykorzystania w technikach przyrostowych tzw. druku 3D Kompozyt w postaci filamentu-żyłki znajduje zastosowanie w szczególności do wytwarzania obiektów trójwymiarowych z wykorzystaniem technik addytywnych tzw. druku 3D.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kompozyt na osnowie polilaktydu z oktasferokrzemianami PLA/OSS **znamienny tym**, że składa się z 95.00–99.90% wag. polilaktydu (PLA) i 5.0–0.10% wag.), modyfikatora krzemooorganicznego, korzystnie 99.00–99.10% PLA i 1.0–0.10%, modyfikatorem krzemooorganicznym jest (OSS) oktawodorosferokrzemian posiadający jako grupy funkcyjne grupy metakrylowe (MA) i (trimetoksylilo)etylowe (TMOS) w stosunkach molowych OSS-2MA-6TMOS albo OSS-4MA-TMOS, albo OSS-6MA-2TMOS.
2. Sposób wytwarzania kompozytu w postaci koncentratu, **znamienny tym**, że PLA podgrzewa się powyżej temperatury mięknienia do uzyskania polimeru w stanie uplastycznionym, dalej do 95.00% wag. PLA dodaje się 5% wag. modyfikatora OSS, otrzymanego w wyniku katalizacyjnej reakcji hydrosililowania oktawodorosferokrzemianu (OSS) z olefinami: winylotrimetoksylan (VTMOS) oraz metakrylan allilu (MA) dodanych w odpowiednich stosunkach molowych, w obecności katalizatora, w temperaturze $T=55^{\circ}\text{C}$ oraz w obecności toluenu, przy ciągłym mieszaniu w czasie 24–48 godzin, następnie polimer wraz z modyfikatorem homogenizuje się do uzyskania jednorodnej masy, dalej studzi się, granuluje i suszy w podwyższonej temperaturze.
3. Sposób wytwarzania kompozytu w postaci filamentu do druku 3D **znamienny tym**, do kompozytu w postaci koncentratu 5% otrzymanego sposobem określonym w zastrz. 2 dodaje się na 500 g kompozytu 250 g – 490 g PLA do uzyskania odpowiednio 2.5–0.10% modyfikatora OSS w kompozycie, gdzie pozostałą część stanowi koncentrat, po czym kompozyt wytłacza się w znany sposób do uzyskania kompozytu w postaci żyłki-filamentu do druku 3D.