

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242558 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430794**

(22) Data zgłoszenia: **2019.08.02**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.02.08 BUP 03/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.13 WUP 11/2023**

(51) MKP:

**C08J 9/228** (2006.01)

**C08L 75/04** (2006.01)

**C08L 89/04** (2006.01)

**C08K 3/04** (2006.01)

**C08K 3/016** (2018.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MOHAMED SULYMAN, Gdańsk, PL**

**PAULINA KOSMELA, Lubaszcz, PL**

**ANDRZEJ STELMASIK, Gdynia, PL**

**JÓZEF HAPONIUK, Gdańsk, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Justyna Pawłowska, Gdańsk, PL**

(54) Tytuł:

**Elastyczna pianka poliuretanowa o zmniejszonej palności oraz sposób otrzymywania elastycznej pianki poliuretanowej o zmniejszonej palności**

**PL 242558 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest elastyczna pianka poliuretanowa o zmniejszonej palności. Przedmiotem wynalazku jest również sposób otrzymywania elastycznej pianki poliuretanowej o zmniejszonej palności. Wynalazek znajduje zastosowanie zwłaszcza przy produkcji materacy do łóżek, podkładów dywanowych, mebli, innych matryc polimerowych np. w sztywnej piance poliuretanowej, stanowiącej materiał izolacyjny.

Najważniejszymi składnikami pianek poliuretanowych są poliiole i izocyjaniany. Wytwarzanie poliuretanów polega na wykorzystaniu przeważnie diizocyjanianu toluenu (TDI), który uważa się za kluczowy składnik w produkcji elastycznych pianek. Główną wadą stosowania poliuretanu jest niska ognioodporność i wysoka gęstość dymu podczas pożaru, a ponadto duże zużycie izocyjanianu (TDI), który jest uznawany za substancję toksyczną.

Z tego względu stosowanie materiałów uniepalniających czyli uniepalniaczy jest bardzo istotne.

Znane są różne uniepalniacze, które stosuje się do polimerów.

Znane są halogenowe środki uniepalniające. Niemniej jednak istotną wadą reakcji spalania polimerów z halogenami i tritlenkiem antymonu, jest uwalnianie się substancji toksycznych oraz większe wydzielanie się dymów. Ponadto związki halogenowe mogą powodować korozję oraz zwiększają koszty produkcji pianek.

Bezhalogenowe związki uniepalniające stosowane w celu zwiększenia ognioodporności i to głównie związki fosforowe i azotowe, grafit, aluminium, magnez, molibden, krzem i bor.

Z opisu patentowego US4698369 znana jest metoda produkcji ognioodpornej elastycznej pianki poliuretanowej wykorzystującej mieszaninę polioliu, organicznego poliizocyjanianu oraz ekspandowanego grafitu.

Z opisu patentowego US4871477 znane są kompozycje ognioodpornych, polimerowych materiałów. W skład kompozycji wchodzi materiały polimerowe oraz nieorganiczne napełniacze zawierające jedną lub więcej (A) mikrocząstek zawierających wewnętrzną fazę, tj. hydraty tlenku glinu oraz fazę zewnętrzną, np. krzemian sodowy, (B) rozdrobnionego, ekspandowanego krzemianu metali alkalicznych, (C) rozdrobnionych substancji nieorganicznych takich jak sole amonowe fosforanu lub polifosforanu.

Z opisu patentowego US4746682 znana jest płynna substancja używana jako środek zwiększający ognioodporność poliuretanowych pianek oraz proces produkcji pianki poliuretanowej. Ciekła kompozycja uniepalniająca stosowana do pianki poliuretanowej jest mieszaniną składającą się z polibromowanego tlenku difenyli, alkilowanego estru fosforanu triarylu, bromowanego tlenku difenyli i fosforanu triarylu stosowanych w różnych proporcjach.

Wciąż jednakże poszukuje się lepszych metod zmniejszania palności ważnych materiałów, jakimi są pianki elastyczne mające szeroki wachlarz zastosowania.

Wynalazek dotyczy opracowania nowego sposobu otrzymywania pianki poliuretanowej poprzez zredukowanie ilości izocyjanianu w formułacji pianki przez wykorzystanie dobranych uniepalniaczy.

Twórcy przedmiotowego wynalazku zainteresowali się zastąpieniem rynkowych uniepalniaczy związkami ze źródeł odnawianych – recyklingu. Do tego celu wybrano środki, które zawierają ognioodporne pierwiastki jak azot i siarka w produkcie, który spełnił swoją rolę akurat w tym zastosowaniu. Do głównych celów wynalazku należą: obniżenie palności elastycznych pianek poliuretanowych, zmniejszenie użycia związków chemicznych oraz zagospodarowanie odpadów wełny owczej.

Pianki poliuretanowe według wynalazku są produktem reakcji mieszaniny polioliu takiego jak polieter lub poliester, organicznego poliizocyjanianu oraz dobrany do ilości i rodzaju uniepalniacz przyjazny dla środowiska i korzystny pod względem ekonomicznym. Do zwiększenia odporności na działanie ognia stosuje się rozdrobnione np. sproszkowane odpady wełny owczej oraz grafit ekspandowany, które stanowią mieszaninę uniepalniaczy. Według wynalazku opracowano odpowiednie zawartości poszczególnych składników w piance w celu spełnienia oczekiwanego celu.

Według wynalazku, sposób otrzymywania pianki poliuretanowej polega na przeprowadzeniu dwóch zasadniczych etapów.

W pierwszym etapie uzyskuje się mieszaninę uniepalniaczy poprzez zmieszanie sproszkowanej wełny owczej i grafitu w postaci płatków grafitu ekspandowanego przy udziale w mieszaninie 50–75% wagowych – wełny i 25–50% wagowych – grafitu np. z użyciem mieszalnika mechanicznego.

W drugim etapie mieszaninę uniepalniaczy dodaje się do stosowanego przy produkcji pianki poliuretanowej polioliu. Mieszaninę miesza się np. przy użyciu mieszadła mechanicznego i dodaje się

stosowany izocyjanian. Stosunek procentowy pomiędzy poliiolem a poliizocyjanianem w matrycy poliuretanowej wynosi odpowiednio 50–70% wagowych polioliu i 50–30% wagowych, korzystnie wynosi 60% do 40%, odpowiednio. Dobiera się następujący udział wagowy mieszaniny niepalniaczy i matrycy poliuretanowej, czyli mieszaniny polioliu i izocyjanianu, wynoszący odpowiednio 5–30% i 70–95% wagowych. Reakcja przebiega w temperaturze pokojowej, a produkt końcowy wygrzewa się aż do uzyskania ostatecznej pianki, np. przez 24 godziny w temperaturze podwyższonej np. 70°C.

Produkt końcowy wynalazku, czyli pianka poliuretanowa, zawiera matrycę elastycznej pianki poliuretanowej, czyli polioliu i izocyjanianu, od 70 do 95% wagowych w ostatecznym produkcie, oraz niepalniacz w postaci mieszaniny rozdrobnionej, sproszkowanej wełny owczej i grafitu w zakresie 5–30% wagowych w ostatecznym produkcie. Procent wagowy sproszkowanej wełny i grafitu w mieszaninie niepalniaczy, stanowiący napełniacz w piance, wynosi odpowiednio 50–75% i 25–50% wagowych mieszaniny w ostatecznym produkcie. Stosunek procentowy pomiędzy poliiolem a poliizocyjanianem w matrycy poliuretanowej wynosi odpowiednio 50–70% wagowych polioliu i 50–30% wagowych, korzystnie wynosi 60% do 40%, odpowiednio.

Sposób otrzymywania modyfikowanej pianki poliuretanowej przebiega w dwóch etapach: do mieszaniny sproszkowanej wełny owczej i grafitu dodaje się polioliu taki jak: polieter lub poliester, następnie w temperaturze pokojowej wynoszącej np. około 25°C do mieszanki dodaje się poliizocyjanian i miesza się całość przez kilka sekund z prędkością wynoszącą od 500 rpm (obrotów na minutę) do 3000 rpm. Otrzymałą mieszaninę wylewa się do formy i wygrzewa w temperaturze 70–80°C. W wyniku procedury otrzymuje się niepalnione, elastyczne pianki poliuretanowe zawierające 70–95% wagowych matrycy poliuretanowej oraz od 5% do 30% wagowych mieszaniny niepalniaczy, czyli sproszkowanej wełny owczej i grafitu ekspandowanego w odpowiednich proporcjach. Udział masowy sproszkowanej wełny owczej i grafitu ekspandowanego w mieszaninie niepalniaczej wynosi odpowiednio 50–75% i 25–50% każdy. Temperatura podczas procesu mieszania dla otrzymania mieszanki niepalniaczy wynosi korzystnie  $25 \pm 1.5^\circ\text{C}$ . Szybkość mieszania w reaktorze wynosi korzystnie między 500–3000 rpm.

Dodatek włókien wełny owczej i grafitu powoduje zmniejszenie palności elastycznej pianki poliuretanowej, zwiększa jakość produktu. Proces prowadzi się aby równomiernie zdyspergować mieszaninę niepalniaczy w matrycy poliuretanowej, a mianowicie włókien wełny owczej i grafitu. Modyfikacja elastycznej pianki poliuretanowej mieszaniną wełny owczej i grafitu ekspandowanego skutkuje również powstaniem produktu o dobrych właściwościach fizycznych. W szczególności stosuje się sproszkowaną wełnę owczą o grubości mniejszej niż 0,2 mm, uzyskane poprzez oddziaływanie fizyczne. Wełnę miesza się z grafitem. Mieszaninę niepalniaczy – grafitu i sproszkowanej wełny owczej miesza się ze składnikami pianki poliuretanowej. Należy uzyskać równomierną dyspersję składników w matrycy poliuretanowej. Użycie opracowanej mieszaniny niepalniaczy zwiększa ognioodporność produktu końcowego.

Wełna owcza zawiera dużą ilość azotu (wynoszącą 17–20%) oraz siarki (4–6%), które powodują, że wełna staje się dobrym związkami niepalniaczymi o doskonałych właściwościach mechanicznych. Za sprawą swoich unikalnych właściwości wełna ma wiele zastosowań. Można ją użyć do oczyszczania wycieków ropy i chemikaliów, oczyszczania ścieków i uzdatniania wody, a także jako materiał izolacyjny. Włókna owczej wełny wykorzystuje się w przemyśle włókienniczym. Z powodu zwiększenia się populacji wskaźnik konsumpcji produktów włókienniczych gwałtownie wzrósł, stąd odpowiednio wzrosły ilości odpadów, które znakomicie można wykorzystać w metodzie według wynalazku. Odpady wełny powstające podczas produkcji i przetwarzania włókien tekstylnych i/lub strzyżenia sierści owiec zostały skutecznie wykorzystane w mieszaninie niepalniaczy, zwiększając tym samym ognioodporność produktów wykonanych z poliuretanowych pianek. Wykorzystanie odpadowej wełny owczej dodatkowo przyczynia się do zmniejszenia poziomu zanieczyszczenia środowiska. Wełna jest biodegradowalnym i przyjaznym środowisku materiałem. Włókna owczej wełny są sprężyste i elastyczne. Można je zginać tysiące razy bez ryzyka złamania lub uszkodzenia. Wełna jest bardziej plastyczna niż czarny plastik. Piankę z włóknami wełny, ze względu na ognioodporność z powodzeniem można stosować np. w siedzeniach samolotowych. Ponadto charakteryzuje się doskonałymi właściwościami mechanicznymi. Główną zaletą wynalazku jest zastosowanie zasad zielonej chemii, które dotyczą ograniczenia stosowania szkodliwych bądź niebezpiecznych związków chemicznych. Proces modyfikacji poliuretanowych pianek włóknami wełny owczej odpadowej i grafitu nie wymaga wcześniejszej obróbki chemicznej ani fizycznej – stosuje się sproszkowaną wełnę owczą i grafit. Prezentowana metoda nie stanowi zagrożenia dla środowiska, nie generuje odpadów wtórnych oraz pozwala na ponowne wykorzystanie odpadowych włókien wełny. Stosowanie ekologicznych niepalniaczy według wynalazku zmniejsza koncentrację masy izocyjanianu w piance do 30%, co jest przyjazne dla środowiska. Wykorzystanie sproszkowanej wełny owczej jako

ekologicznego napelniacza zmniejsza stopień korozji materiałów, toksyczność oraz ilość produktów emisji reakcji spalania poliuretanowej pianki.

Zmodyfikowane pianki poliuretanowe według wynalazku można skutecznie stosować w meblach, podkładkach dywanowych, łóżkach i kanapach. Prezentowane w niniejszym wynalazku modyfikowane polimery mogą znaleźć zastosowanie również w siedzeniach samochodów, pociągów i samolotów. Ponadto końcowy produkt może być użyty przy izolacji budynków.

Wynalazek przedstawiono bliżej w przykładzie wykonania oraz na rysunku, na którym Fig. 1 ukazuje schemat blokowy przebiegu procesu zwiększenia ognioodporności poliuretanowej pianki,

Fig. 2 przedstawia zdjęcia z testu na ognioodporności modyfikowanych według wynalazku pianek w porównaniu z niemodyfikowaną elastyczną pianką poliuretanową,

Fig. 3 przedstawia właściwości mechaniczne, czyli wytrzymałość na rozciąganie modyfikowanej według wynalazku pianki w stosunku do niemodyfikowanej według wynalazku pianki poliuretanowej.

Na fig. 3 A oznacza piankę niemodyfikowaną, B – piankę zawierającą 15% wag. wełny owczej, C – piankę zawierającą mieszaninę uniepalniaczy w ilości 10% wag. wełny owczej oraz 5% grafitu ekspandowanego w piance.

Według schematu na fig. 1 wynika, że sposób według wynalazku można przeprowadzić w systemie mobilnym.

W opisie zamiennie stosuje się termin mieszanina uniepalniaczy i napelniacz. Pojęcie „ekologiczny napelniacz” oznacza mieszaninę uniepalniaczy, czyli włókna wełny owczej i grafitu ekspandowanego, podobnie „mieszanka materiałów” – wełnę owczą i grafit, „produkt końcowy” – zmodyfikowaną poliuretanową piankę.

Na fig. 1 liczbą 1 oznaczono sproszkowane włókna wełny; 2 – grafit; 3 – polioliol; 4 – poliizocyjanian; 5 – reaktor chemiczny; 6 – odlew mieszaniny; 7 – końcowy produkt.

Na fig. 2 oraz fig. 3 literą A oznaczono niemodyfikowaną piankę poliuretanową; B – poliuretan poddany modyfikacji sproszkowaną wełną w ilości 15% wagowo w stosunku do poliuretanu; C – poliuretan zmodyfikowany mieszkanką uniepalniaczy, czyli inaczej napelniaczy w ilości 15% wagowo w stosunku do matrycy poliuretanowej, w której udział sproszkowanej wełny wynosi 10% a grafitu 5% wagowo; Y – palnik nastawiony na temperaturę powyżej 300°C, S1 – modyfikowane i niemodyfikowane próbki przygotowane do spalania; S2 – początek spalania próbek; S3 – modyfikowane i niemodyfikowane próbki pod koniec reakcji spalania; S4 – próbki po reakcji spalania.

Do otrzymania modyfikowanej pianki użyto ekologicznej mieszaniny uniepalniaczy sproszkowanej wełny 1 otrzymanej z odpadów wełny, którą uprzednio przemyto, osuszono, rozdrobnilo do rozmiaru cząstek pomiędzy 0,05–0,4 mm przy gęstości proszku wynoszącej 0,48 g/ml; sproszkowanego grafitu nie poddanego obróbce 2 o gęstości proszku 0,60 g/ml i rozmiarze cząstek pomiędzy 0,12–0,4 mm.

W pierwszym etapie wymieszano wełnę i grafit przy udziale 50–75% i 25–50% wagowo, z użyciem mieszalnika mechanicznego. Następnie mieszaninę napelniaczy dodano do polioliolu, wymieszano przy użyciu mieszadła mechanicznego oraz dodano izocyjanian. Udział masy napelniaczy i matrycy poliuretanowej wynosił odpowiednio 5–30% i 70–95%. Udział masy sproszkowanej wełny i grafitu w mieszaninie napelniaczy wynosił odpowiednio 50–75% i 25–50%.

Zgodnie z wynalazkiem sposób modyfikacji elastycznej pianki poliuretanowej przy użyciu sproszkowanej wełny i grafitu ekspandowanego w proporcji 50–75% wag. i 25–50% wag., odpowiednio odbywa się dwóch etapach. Pierwszy etap polega na zmieszaniu odpowiedniej ilości sproszkowanej wełny 1 oraz grafitu ekspandowanego 2 w proporcji 50–75% wag. i 25–50% wag., odpowiednio z polioliolem 3. Drugi etap polega na zmieszaniu przedmieszki polioliolowej otrzymanej w etapie 1 z poliizocyjanianem 4 przy użyciu mieszadła mechanicznego 5 przy prędkości 3000 obrotów na minutę przez kilka sekund. Następnie gotową mieszaninę odlewa się 6 w celu uzyskania produktu końcowego 7.

Produkt końcowy wynalazku składa się z matrycy elastycznej pianki poliuretanowej do 95% wagowo, sproszkowanej wełny i grafitu w zakresie 5–30% wagowo. Procent wagowy sproszkowanej wełny i grafitu w napelniaczu wynosi 50–75% i 25–50%, odpowiednio. Stosunek procentowy pomiędzy polioliolem a poliizocyjanianem wynosi 60% do 40%, odpowiednio. Reakcja przebiega w temperaturze pokojowej, a produkt końcowy wygrzewa się przez np. 24 godziny w temperaturze 70°C.

Modyfikacja pianki poliuretanowej może przebiegać przy różnych temperaturach i różnej szybkości mieszania. Opisano w przykładach temperaturę pokojową 25 ± 1.5°C. Istotny wpływ na właściwości produktu końcowego wywierają stosunek użytych składników, typ napelniaczy oraz ich zawartość procentowa w mieszaninie, zgodnie z podanymi wyżej zakresami.

## Przykład 1

Materiały użyte w przykładzie:

Składniki matrycy polieterowej, czyli mieszanina polioliu i izocyjanianiu, jest znana w stanie techniki. Dostępne na rynku mieszanina polioliowa i mieszanina izocyjanianowa są głównymi składnikami stosowanymi w produkcji poliuretanowych pianek.

Przykładowy skład użytych mieszanin został przedstawiony w Tabeli 1.

Tabela 1. Składy mieszanin użytych do syntezy elastycznych pianek poliuretanowych

	Składnik	Zawartość [%]
Mieszanina polioliowa	poliol polieterowy	>80.0
	poliol polimeryczny (poli(styren-co-akrylonitryl))	5.0-10.0
	2,2'-iminodietanol	0.1-0.5
Mieszanina izocyjanianowa	diizocyjanianu 4,4'-metylenodifenyłu (MDI)	40.0-60.0
	diizocyjanian difenylometanu (izomery)	15.0-25.0
	diizocyjanianu 2,4'-metylenodifenyłu	10.0-20.0
	prepolimer (MDI+poliol)	5.0-15.0

Do mieszaniny uniepalniaczy zastosowano:

- odpadowe włókna wełny w postaci proszku o rozmiarze cząstek pomiędzy 0,05–0,2 mm,
- dostępny na rynku sproszkowany grafit ekspandowany o rozmiarze cząstek nieprzekraczającym 0,4 mm.

Metoda produkcji elastycznej pianki poliuretanowej modyfikowanej mieszaniną uniepalniaczy, czyli inaczej napełniaczy w piance – sproszkowaną wełną 1 i grafitem 2 składa się z dwóch etapów. Najpierw mieszaninę napełniaczy w stosunku masowym do końcowego produktu równą 25% (25 g) połączono z 45% (45 g) mieszaniny polioliowej 3 w temperaturze pokojowej. Następnie w temperaturze pokojowej (około  $25 \pm 1,5^\circ\text{C}$ ) do otrzymanej mieszanki dodano 30% (30 g) mieszaninę poliizocyjanianów 4 i mieszano z szybkością 3000 rpm przez kilka sekund w reaktorze wyposażonym w mieszadło mechaniczne 5. Końcową mieszkankę umieszczono w formie i wygrzewano w piecu w temperaturze  $70^\circ\text{C}$  na 24 godziny. Końcowy produkt 7 zawierał elastyczną piankę poliuretanową (w jej skład wchodziły mieszanina polioliowa i mieszanina poliizocyjanianów przedstawiona w Tabeli 1) w ilości 75% wagowo i mieszkankę napełniaczy (sproszkowaną wełnę, grafit) w ilości 25% wagowo. Procent wagowy zawartości sproszkowanej wełny i grafitu wynosił odpowiednio 50% (12,5 g) i 50% (12,5 g). Procent wagowy polimerycznego polioliu i poliizocyjanianu wynosił odpowiednio 60% i 40%.

Tabela 2. Skład i gęstość produktów końcowych dla przykładu 1

i. Składniki	Masa, g	
	Elastyczna pianka poliuretanowa niemodyfikowana	Elastyczna pianka poliuretanowa modyfikowana
Sproszkowana wełna 1	0,0	12,5
Grafit ekspandowany 2	0,0	12,5
Mieszanina polioliowa 3	60,0	45,0
Mieszanina poliizocyjanianów 4	40,0	30,0
ii. Gęstość, $\text{kg/m}^3$	100,5	108

## Przykład 2

Procedurę przeprowadza się podobnie jak opisano w przykładzie 1, używając surowców przedstawionych w Tabeli 1, z tym że sproszkowaną wełnę w ilości 20% wagowo (20 g) 1 wymieszano z 48% (48 g) mieszaniną polioliową 3 w temperaturze pokojowej, a następnie do otrzymanej mieszanki dodano 32% (32 g) mieszaniny poliizocyjanianów 4 i wymieszano w temperaturze pokojowej z szybkością 3000 rpm przez kilka sekund. Końcową mieszankę umieszczono w formie 6 i wygrzewano w piecu w temperaturze 70°C przez 24 godziny. Końcowy produkt otrzymany poprzez podaną metodę 7 zawierał elastyczną piankę poliuretanową (w jej skład wchodziły mieszanina polioliowa i mieszanina poliizocyjanianów przedstawiona w Tabeli 1) w ilości 80% wagowo i jeden napelniacz – sproszkowaną wełnę – w ilości 20% wagowo.

Tabela 3. Skład i gęstość końcowych produktów dla przykładu 2

i. Składniki	Masa, g		
	Jednostka miary	Elastyczna pianka poliuretanowa	Elastyczna pianka poliuretanowa modyfikowana
Sproszkowana wełna 1	g	0,0	20
Grafit ekspandowany 2	g	0,0	0,0
Mieszanina polioliowa 3	g	60,0	48
Mieszanina poliizocyjanianów 4	g	40,0	32
ii. Gęstość, kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	100,5	102,5

Niemodyfikowana pianka poliuretanowa została otrzymana podobnie jak dla przykładu 1 i 2, używając surowców przedstawionych w Tabeli 1. Zachowano takie same warunki dla otrzymywania pianki według wynalazku i porównawczej – niemodyfikowanej.

Proces produkcji wyglądał następująco: 120 g pianki poliuretanowej – 60% wagowo mieszaniny polioliowej (72 g) i 40% wagowo mieszaniny poliizocyjanianów (48 g) – mieszano przez kilka sekund w reaktorze mieszadłem mechanicznym z szybkością 3000 rpm. Końcową mieszankę wylano do formy i wygrzewano w piecu w temperaturze 70°C przez 24 godziny. Produktem końcowym była elastyczna, niemodyfikowana pianka poliuretanowa składająca się z 60% wagowo mieszaniny polioliowej (72 g) i z 40% wagowo mieszaniny poliizocyjanianów (48 g).

## Przykład 3

Procedurę przeprowadza się podobnie jak opisano w przykładzie 1, używając surowców przedstawionych w Tabeli 1. Zawartość procentową (w stosunku do ogólnej masy mieszanki pianki poliuretanowej) sproszkowanej wełny (15% wagowo, równe 15 g) oraz wszystkie pozostałe warunki pozostawiono niezmienione, czyli takie, które zastosowano w przykładzie 1–2. Ogólną masę składników pianki poliuretanowej zmniejszono ze 100 g do 85 g, gęstość mieszanki wynosiła 105,5 kg/m<sup>3</sup>.

## Przykład 4

Procedurę przeprowadza się podobnie jak opisano w przykładzie 1, używając surowców przedstawionych w Tabeli 1. Zawartość procentową (w stosunku do ogólnej masy mieszanki pianki poliuretanowej) sproszkowanej wełny (10% wagowo, równe 10 g) oraz wszystkie pozostałe warunki pozostawiono niezmienione, czyli takie, które zastosowano w przykładzie 1–2. Ogólna masa składników pianki poliuretanowej została zmniejszona z 100 g do 90 g, gęstość mieszanki wynosiła 105,5 kg/m<sup>3</sup>.

## Przykład 5

Sposób otrzymywania pianki jest zgodny ze sposobem przedstawionym w przykładzie 1, używając surowców przedstawionych w Tabeli 1. Zawartość procentową (w stosunku do ogólnej masy mieszanki pianki poliuretanowej) uniepalniaczy (15% wagowo, równe 15 g, przy czym 10 g stanowi wełna owcza, a 5 g grafit ekspandowany) oraz wszystkie pozostałe warunki pozostawiono niezmienione, czyli

takie, które zastosowano w przykładzie 1–2. Ogólną masę składników pianki poliuretanowej zmniejszono ze 100 g do 85 g, gęstość mieszanki wynosiła 105,5 kg/m<sup>3</sup>.

Tabela 4. Zestawienie zużycia substratów dla produkcji końcowego produktu w przykładach 1-5 oraz niemodyfikowanej pianki poliuretanowej.

Produkt końcowy	Zawartość napelnacza, % wagowy	Zmniejszenie poliizocyjanianu, % wagowy
Niemodyfikowana pianka poliuretanowa	0,0%	0,0%
Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana mieszanką sproszkowanej wełny i grafitu, przykład 1	25,0	25,0
Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana sproszkowaną wełną, przykład 2	20,0	20,0
Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana sproszkowaną wełną, przykład 3	15,0	15,0
Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana sproszkowaną wełną, przykład 4	10,0	10,0
Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana mieszanką sproszkowanej wełny i grafitu, przykład 5	15,0	15,0

Tabela 5. Właściwości mechaniczne modyfikowanej i niemodyfikowanej pianki poliuretanowej

Symbol pianki na Fig. 3	Próbka	Odształcenie, %				
		10	20	30	40	50
		Napężenie ściskające, kPa				
A	0,0 % napełniacz (niemodyfikowana elastyczna pianka poliuretanowa) Przykład 1	8,6	10,6	12,4	14,8	18,3
B	Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana sproszkowaną wełną w ilości 15% wagowo Przykład 3	7,9	10,6	13,7	18	24,9
C	Elastyczna poliuretanowa pianka zmodyfikowana mieszanką uniepalniaczy w ilości 15% wagowo (sproszkowana wełna 10% wagowo, grafit 5% wagowo) Przykład 5	8,6	10,7	13,3	16,9	22,7

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w przykładach 1–5 stwierdzić można, że ilość składników zawierających polimeryczny polioli i poliizocyjanian w przypadku modyfikowanej, elastycznej pianki poliuretanowej modyfikowanej mieszaniną napełniaczy (wełną, grafitem) została zredukowana, w szczególności znaczącej redukcji podlega ilość izocyjanianu w porównaniu do niemodyfikowanej pianki. Zmniejszenie to zależy od poziomu zawartości napełniaczy. Interesującym faktem wynikającym z porównania próbek jest to, że modyfikowane i niemodyfikowane produkty miały podobną gęstość, co odzwierciedla się w ich zastosowaniu.

Podczas procesu mieszania obserwuje się brak oddziaływania między matrycą poliuretanową oraz napełniaczami, co skutkowało dobrą dyspersją oraz możliwością dodania do 30% wagowo napełniaczy.

Zgodnie z wynikami palnościowymi pokazanymi na fig. 2, stwierdza się, że najlepsze efekty uniepalnienia materiału poliuretanowego otrzymuje się tylko dla pianki modyfikowanej mieszaniną napełniaczy.

Wyniki pokazane na fig. 2 wskazują, że modyfikowana pianka poliuretanowa sproszkowaną wełną w mieszaninie napełniaczy charakteryzuje się mniejszą ilością dymów oraz brakiem ciekłych produktów spalania podczas próby w powietrzu z wykorzystaniem grzałki (temp. 300°C) w porównaniu z pianką niemodyfikowaną i modyfikowaną tylko wełną.

Analizując wyniki można dojść do wniosku, że sproszkowana wełna w mieszance napełniaczy ma duży wpływ na gęstość końcowego produktu. Powodem tego jest elastyczność włókna wełnianego oraz jego lepkość podczas mieszania, zwłaszcza przy wysokich zawartościach napełniacza. Końcowy produkt badania składający się z modyfikowanej, elastycznej pianki poliuretanowej, z udziałem około 5–30% wagowych napełniacza, a zwłaszcza 10–25% cechuje wyższa ognioodporność.

Modyfikacja pianki poliuretanowej odnawialnym materiałem, taki jak włókno wełny owczej, oraz niedrogim grafitem jest ekonomicznym, przyjaznym środowisku sposobem produkcji. Przekształcenie niniejszej technologii w warunkach mobilnego systemu jest również możliwe dzięki lekkiej masie włókien wełny i grafitu, ponadto modyfikacja nie wymaga wysokich nakładów energetycznych i odbywa się w temperaturze pokojowej.

Końcowy produkt wynalazku, elastyczna pianka poliuretanowa modyfikowana sproszkowaną wełną i grafitem ekspandowanym, wykazuje się dobrymi mechanicznymi właściwościami, takimi jak wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie. Właściwości mechaniczne zbadano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell 1000N, w dwóch trybach: ściskania oraz rozciągania. Ściskaniu poddano próbki zgodnie z normą PN-EN ISO 604:2006, przy prędkości ściskania 10%/min. Otrzymane wyniki przedstawione w tabeli 5 świadczą o tym, że dodatek mieszaniny uniepalniaczy w postaci wełny owczej oraz grafitu ekspandowanego nie wpływa znacząco na wytrzymałość na ściskanie. Obserwuje się nieznaczny wzrost naprężenia ściskającego w funkcji odkształcenia wraz z dodatkiem mieszaniny uniepalniaczy do matrycy poliuretanowej. Próbę rozciągania wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 527-1:2012, przy prędkości rozciągania 50 mm/min. Otrzymane wyniki, przedstawione na Fig. 3 świadczą o tym, że dodatek mieszaniny uniepalniaczy do matrycy poliuretanowej powoduje zwiększenie sztywności oraz nieznaczne pogorszenie wytrzymałości na rozciąganie elastycznych pianek poliuretanowych. Ze-stawiając oba badania, stwierdzić można, że dodatek mieszaniny uniepalniaczy do matrycy poliuretanowej nie pogarsza właściwości mechanicznych, co stanowi zaletę proponowanego rozwiązania.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Pianka poliuretanowa zawierająca matrycę w postaci mieszaniny polioliu i izocyjanianu oraz dodatek uniepalniający, **znamienna tym**, że jako uniepalniacz zawiera mieszaninę rozdrobnionej wełny owczej i grafitu w ilości 5–30% wagowych w piance, przy czym procent wagowy sproszkowanej wełny i grafitu w mieszaninie uniepalniaczy wynosi odpowiednio 50–75% i 25–50% wagowych.
2. Pianka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera matrycę w ilości od 70 do 95% wagowych.
3. Pianka według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że stosunek procentowy pomiędzy polioliem a izocyjanianem w matrycy wynosi odpowiednio 50–70% wagowych i 50–30% wagowych.
4. Sposób otrzymywania pianki poliuretanowej polegający na zmieszaniu matrycy z uniepalniaczem, **znamienny tym**, że mieszaninę uniepalniaczy otrzymuje się poprzez zmieszanie rozdrobnionej wełny owczej i grafitu przy udziale w mieszaninie 50–75% wagowych wełny i 25–50% wagowych grafitu, zaś mieszaninę uniepalniaczy dodaje się do matrycy w ilości 5–30% wagowych.
5. Sposób według zastrz. 4, **znamienny tym**, że mieszaninę uniepalniaczy miesza się z matrycą w ilości od 70 do 95% wagowych.
6. Sposób według zastrz. 4 albo 5, **znamienny tym**, że stosunek procentowy pomiędzy polioliem a izocyjanianem w matrycy wynosi odpowiednio 50–70% wagowych i 50–30% wagowych.

### Rysunki

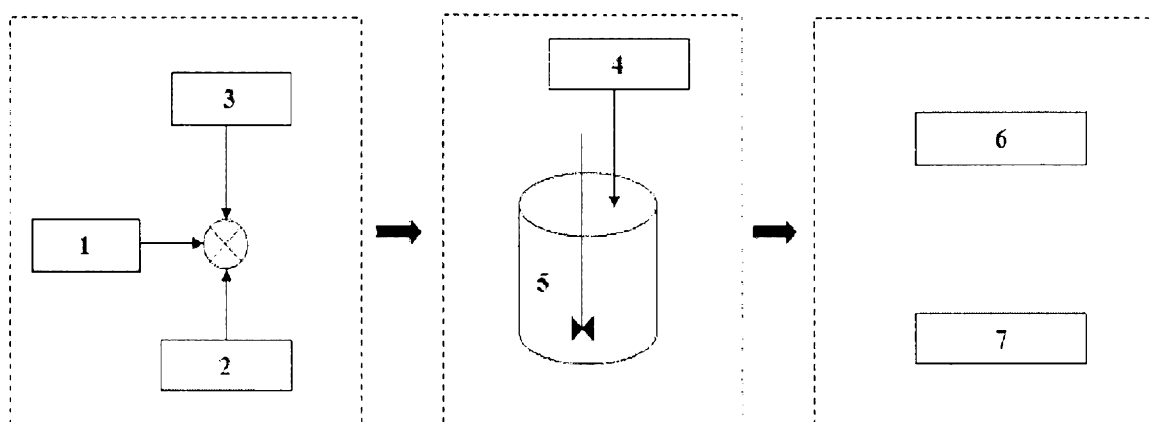


Fig. 1

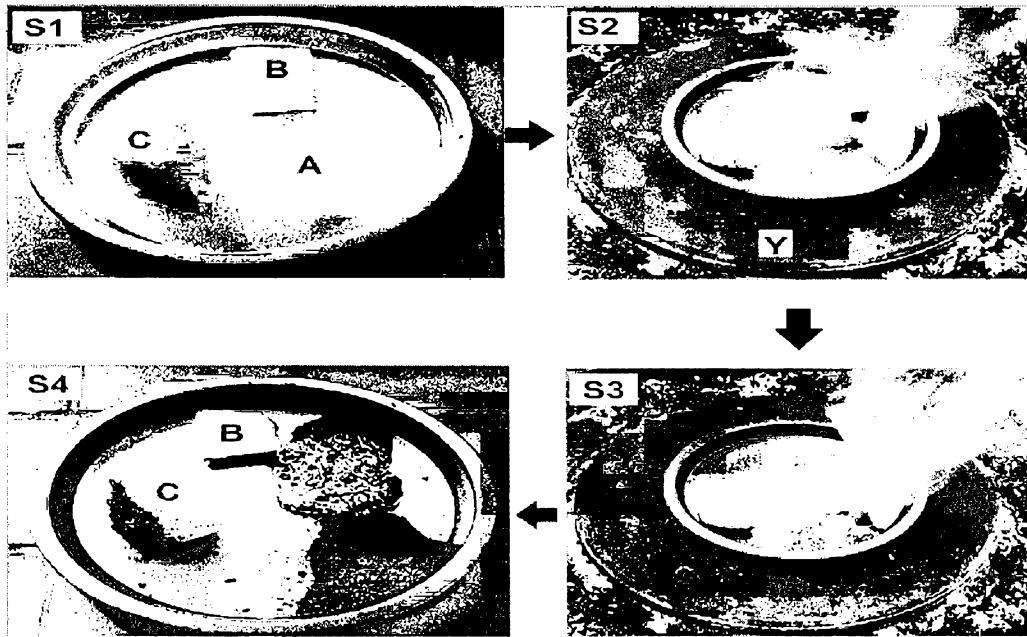


Fig. 2

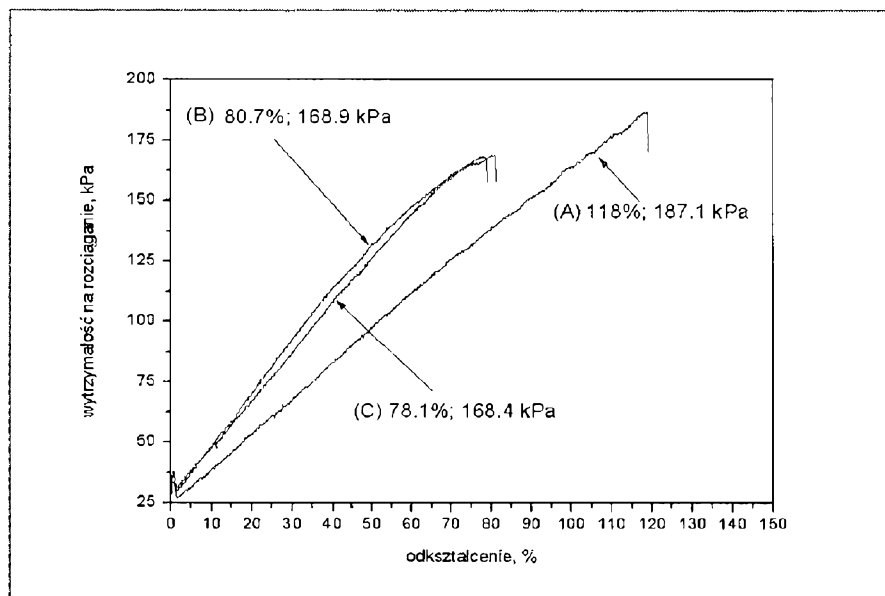


Fig. 3