

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 248396 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **447467**

(22) Data zgłoszenia: **2024.01.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2025.07.07 BUP 27/2025**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.12.08 WUP 49/2025**

(51) MKP:

**C08G 71/04** (2006.01)

**C08G 101/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT  
CIĘŻKIEJ SYNTEZY ORGANICZNEJ  
BLĄCHOWNIA, Kędzierzyn-Koźle, PL  
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**DAMIAN KIEŁKIEWICZ, Kędzierzyn-Koźle, PL  
ANNA CHROBOK, Zbrośławice, PL  
AGNIESZKA SIEWNIAK, Katowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Anna Wojtala, Kędzierzyn-Koźle, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania nieizocyjanianowej piany polihydroksyuretanowej**

**PL 248396 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania nieizocyjanianowej piany polihydroksyuretanowej do zastosowania w przemyśle meblarskim, budowlanym oraz samochodowym.

Tradycyjne piany poliuretanowe wytwarza się poddając spienianiu produkt otrzymany w reakcji poliaddycji wielofunkcyjnych, organicznych izocyjanianów ze związkami zawierającymi grupy hydroksylowe połączone z alifatycznymi atomami węgla (poliolami). Większość światowej produkcji poliuretanów opiera się na dwóch związkach izocyjanianowych: metylenodifenylo-4(4'-diizocyjanianie (MDI) oraz 2,4-diizocyjanianotoluenie (TDI).

Z uwagi na swą wysoką reaktywność MDI i TDI wykazują silne działanie drażniące i toksyczne – zarówno w warunkach aplikacji, powodując podrażnienia skóry i błon śluzowych oraz astmę zawodową, jak i podczas syntezy, w której surowcem jest silnie trujący fosgen.

Alternatywą dla konwencjonalnych poliuretanów na bazie izocyjanianów i polioli są poliuretany nieizocyjanianowe (NIPU), otrzymywane w reakcji cyklicznych węglanów z poliaminami zawierającymi pierwszorzędowe grupy aminowe. W jej wyniku powstają usieciowane związki polihydroksyuretanowe mogące mieć zastosowanie m.in. jako elastomery, powłoki, uszczelniacze, kleje lub piany.

Istnieje kilka dróg otrzymywania węglanów cyklicznych, ale najczęściej stosowanym sposobem jest reakcja związków zawierających grupy epoksydowe z dwutlenkiem węgla (karbonizacja). Z uwagi na niską reaktywność CO<sub>2</sub>, reakcja wymaga zastosowania katalizatorów. Najczęściej stosowanymi są czwartorzędowe sole amoniowe i fosfoniowe, katalizatory organometaliczne oraz związki nieorganiczne.

Alternatywą dla tradycyjnych katalizatorów są ciecze jonowe, które dzięki szerokim możliwościom modyfikacji ich struktury pozwalają na otrzymanie związków o wysokiej aktywności katalitycznej. Reakcja karbonizacji prowadzona jest zwykle w temperaturze 100–150°C, pod normalnym lub zwiększonym ciśnieniem, do zakładanego przereagowania grup epoksydowych do cyklicznych grup węglanowych.

Twórcy CN101812175(A) opisali sposób reakcji związków poliepoksydowych z CO<sub>2</sub> w obecności katalizatora, który korzystnie zawiera układ kokatalityczny utworzony przez jeden lub więcej środków wybranych z grupy: sole metali, imidazolowe lub pirydynowe ciecze jonowe oraz czwartorzędowe sole amoniowe. Otrzymane węglany cykliczne sieciuje się następnie za pomocą związków poliaminowych uzyskując NIPU. Jako substrat poliepoksydowy można zastosować związki z grupy: eter diglicydyłowy 1,4-butanodiolu, eter diglicydyłowy 1,6-heksanodiolu, eter diglicydyłowy glikolu neopentyłowego, eter diglicydyłowy glikolu etylenowego, eter diglicydyłowy glikolu propylenowego, eter triglicydyłowy trimetylolopropanu, eter diglicydyłowy glikolu polipropylenowego, eter diglicydyłowy glikolu polietylenowego, epoksydowany olej sojowy, eter diglicydyłowy, eter glicydyłowy pentaerytrytolu, epichlorohydryna, eter allilowo-glicydyłowy, eter kwasu akrylowego, eter gliceryłowy, metakrylan glicydyłowy, eter poliglicydyłowy sorbitolu.

Wiadomym jest, że szybkość tworzenia polihydroksyuretanów w reakcji węglanów cyklicznych z pierwszorzędowymi aminami zależy od rodzaju związków zastosowanych do syntezy. Np. czas żelowania węglanów cyklicznych opartych na pierwszorzędowych, liniowych eterach glicydyłowych alkoholi jest znacznie krótszy niż węglanów cyklicznych na bazie epoksydowanych olejów roślinnych. Jednocześnie jednak niska odporność hydrolityczna tych pierwszych uniemożliwia ich aplikację w większości zastosowań. Stąd uzasadnione jest poszukiwanie efektywnych metod wytwarzania NIPU w oparciu o epoksydowane oleje roślinne, ponieważ znane sposoby nie gwarantują realizacji procesów karbonizacji, sieciowania i spieniania z równą szybkością dla węglanów o różnym pochodzeniu i strukturze.

Twórcy US7045577B2 zaproponowali wytwarzanie NIPU z węglanu cyklicznego otrzymywanego z epoksydowanego oleju sojowego z użyciem w roli katalizatora karbonizacji bromku tetrabutylamoniowego. Reakcja karbonizacji w opisanych warunkach trwa aż 70 godzin, a następnie z układu usuwany (odmywany) jest katalizator. Z kolei łączny czas sieciowania otrzymanych węglanów cyklicznych pierwszorzędowymi aminami wynosi 12–13 godzin.

Możliwość zastosowania katalizatorów reakcji sieciowania węglanów cyklicznych poliaminami dopuszczają twórcy WO2022128822A1, których celem było w istocie wyeliminowanie niedogodności związanej ze stosowaniem tioli z czym wiąże się nieprzyjemny zapach samospienialnej pianki. Wskazano, że utwardzalny, niezawierający izocyjanianów preparat do wytwarzania samospienialnej pianki poliuretanowej musi zawierać co najmniej jeden wielofunkcyjny cykliczny węglan posiadający co najmniej dwie cykliczne grupy węglanowe na końcu łańcucha (A), co najmniej jedną wielofunkcyjną aminę (B) – korzystnie 1,8-diamino-3,6-dioksaoktan, co najmniej jeden zablokowany prekursor tiolowy (C) i opcjonalnie co najmniej jeden katalizator (D). Katalizator wybiera się z grupy obejmującej: katalizator aminowy,

sól jonową lub ciecz jonową, katalizator metaloorganiczny i katalizator na bazie fosfiny, a korzystnie węglan potasu, węglan cezu, 1,8-diazabicyklo[5.4.0]undek-7-en, fenolan tetrabutylamonowy, fosforan lub wodorofosforan potasu. W skład wspomnianego preparatu mogą także wchodzić inne, opisane węglany cykliczne – oznaczone jako E i F, inne tiole (G i H) oraz poliepoksyd (I). Wytwarzanie pianki poliuretanowej następuje zgodnie z jedną z dwóch procedur. Według pierwszej katalizator można wprowadzić do początkowej mieszaniny zawierającej węglan(y) aminę i prekursor tiolowy. W drugiej katalizator można wprowadzić do mieszanki po jej częściowym utwardzeniu. W obydwu wariantach obecność katalizatora jest dopuszczalną opcją, a nie koniecznością. Zastosowanie prekursora tiolowego wiąże się natomiast z możliwością inicjowania procesu spieniania nie tylko w obecności aminy czy pod wpływem podwyższonej temperatury, ale też światłem, co nie zawsze jest pożądane.

Najczęściej jako związki przyspieszające reakcję węglanów cyklicznych z poliaminami stosowane są związki z grupy obejmującej: 1,5,7-triazabicyklo[4.4.0]dec-5-en (TBD), 1,8-diazabicyklo[5.4.0]undek-7-en (DBU), lub 4-(dimetyloamino)-pirydyna (DMAP) czy wreszcie 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktan (DABCO). Są to jednak związki żrące lub toksyczne, a dodatkowo, jak wskazuje poniższy przykład, proces żelowania pian w ich obecności może być długotrwały.

Twórcy US10450416B2 zastosowali 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktan (DABCO) jako katalizator reakcji węglanów cyklicznych na bazie syntetycznych związków trimetylolopropanu i etoksylowanego trimetylolopropanu z heksametylenodiaminą. W procesie sieciowania pian polihydroksyuretanowych katalizator wprowadzano do węglanu cyklicznego wraz ze związkiem poliaminowym, mieszano do czasu osiągnięcia zakładanej lepkości, wprowadzono porofor (Solkane 365/227), i mieszaninę wylewano do formy. Czas sieciowania pian wynosi 14 godzin w temperaturze 80°C, przy czym sam proces spieniania trwa 30 minut.

Mankamentem znanych ze stanu techniki rozwiązań, dotyczących pozyskiwania nieizocyjanianowych pian poliuretanowych, bazujących na olejach roślinnych – zazwyczaj sojowym (jako źródło związku epoksydowanego) są zatem długie czasy reakcji związków epoksydowych z CO<sub>2</sub> oraz konieczność przyspieszania kolejnej w procesie reakcji węglanów cyklicznych z poliaminami poprzez wprowadzanie dodatkowych, często toksycznych substancji (katalizatorów) lub dodatkowych operacji wydłużających proces sieciowania pian tak, aby umożliwić uzyskanie stabilnego produktu o oczekiwanych właściwościach. Jest to o tyle istotne, że przy zbyt wolnej reakcji składnika węglanowego z poliaminowym następuje ucieczka poroforu i opadanie powstających pian.

Celem wynalazku było wskazanie efektywnego sposobu otrzymywania stabilnej, nieizocyjanianowej piany poliuretanowej na bazie oleju roślinnego przy możliwie krótkim czasie karbonizacji i bez konieczności stosowania dodatkowego katalizatora procesu sieciowania (żelowania).

Sposób wytwarzania nieizocyjanianowej piany polihydroksyuretanowej, który obejmuje kolejno po sobie następujące etapy:

- a) katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego z dwutlenkiem węgla, która prowadzi do uzyskania karbonizowanego oleju roślinnego;
- b) proces sieciowania i spieniania karbonizowanego oleju roślinnego z pierwszorzędowym związkiem aminowym, zawierającym co najmniej dwie grupy aminowe, realizowany w obecności surfaktanta i porofora, który prowadzi do uzyskania usieciowanego spienionego nieizocyjanianowego poliuretanu;

charakteryzuje się tym, że:

- katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego z dwutlenkiem węgla prowadzi się przez 18–25 h, w temperaturze z zakresu 100–160°C, przy ciśnieniu 1–30 bar, wobec cieczy jonowej, w której anionem jest jon bromkowy, a kation stanowi N-alkilowa pochodna imidazolu o długości łańcucha alkilowego od C<sub>2</sub> do C<sub>10</sub>, której udział wynosi 2–4% m/m, po czym
- uzyskany karbonizowany olej, poddaje się procesowi sieciowania i spieniania bez oczyszczania, w ten sposób, że do karbonizowanego oleju, w temperaturze 40 ± 5°C wprowadza się surfaktant i dodatek porujący w stosunku wagowym odpowiednio 10 : 0,1–0,3 : 1–1,5 i miesza się składniki do momentu uzyskania jednorodnej mieszaniny, do której następnie wprowadza się pierwszorzędowy związek poliaminowy w takiej ilości, by stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosił 0,75–1,25 : 1,0, po czym miesza się intensywnie przez 5 minut, a potem wylewa do formy i wygrzewa w temperaturze 120°C przez 0,5–2 godziny, uzyskując pianę polihydroksyuretanową.

Korzystnie, gdy jako epoksydowany olej roślinny stosuje się epoksydowany olej sojowy, epoksydowany olej szafranowy albo epoksydowany olej z karczocha hiszpańskiego.

Korzystnie, gdy w cieczy jonowej kationem jest N-alkilowa pochodna imidazolu o długość łańcucha alkilowego C<sub>2</sub> do C<sub>6</sub>.

Lepiej, gdy jako ciecz jonową stosuje się bromek 1-etylo-3-metyloimidazolowy, bromek 1-butylo-3-metyloimidazolowy lub bromek 1-heksylo-3-metyloimidazolowy.

Dobrze, gdy katalizowaną reakcją epoksydowanego oleju roślinnego z CO<sub>2</sub> prowadzi się w temperaturze z zakresu 120–140°C.

Równie właściwe jest, gdy katalizowaną reakcją epoksydowanego oleju roślinnego prowadzi się przy ciśnieniu z zakresu 10–15 bar.

Dobrze gdy jako związek aminowy stosuje się dietylenotriaminę (DETA).

Dobrze gdy jako związek aminowy stosuje się heksametylenodiaminę (HMDA).

Korzystnie, gdy jako surfaktant stosuje się kopolimer polieterowo-polidimetylowo-siloksanowy.

Korzystnie, gdy jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę co najmniej jednego porofora z aktywatorem obniżającym temperaturę rozkładu porofora.

Lepiej, gdy jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę azodikarbonamidu (AZO), z ZnO w stosunku wagowym 3 : 1.

Lepiej też, gdy jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę azodikarbonamidu, mikrosfer polimerowych oraz ZnO w stosunku wagowym odpowiednio 3 : 1 : 1. Co oczywiste w układzie mogą być stosowane mikrosfery polimerowe o temperaturze ekspansji odpowiedniej do temperatury sieciowania pian polihydroksyuretanowych.

Realizacja sposobu według wynalazku umożliwia karbonizację epoksydowanego oleju roślinnego we względnie krótkim czasie. Uzyskany produkt nie musi być oczyszczany z pozostałości użytego katalizatora i charakteryzuje się satysfakcjonującą reaktywnością wobec związków poliaminowych, wystarczającą do uzyskania stabilnych spienionych tworzyw polihydroksyuretanowych, co eliminuje konieczność stosowania katalizatora w etapie żelowania/spieniania tworzywa. Podobnego efektu nie notowano np. po zastosowaniu imidazolowych cieczy jonowych z anionami chlorkowymi. Stwierdzono, że reakcja sieciowania przebiega dłużej i mniej efektywnie niż z użyciem anionu bromkowego, przy takim samym kationie cieczy jonowej (pomimo podobnego stopnia przereagowania grup epoksydowych).

Sposób według wynalazku jest efektywny, nie wymaga stosowania drażniących i toksycznych katalizatorów. Możliwe jest wytworzenie piany w dwuetapowym procesie dzięki zastosowaniu jednego katalizatora.

Sposób według wynalazku umożliwia uzyskanie NIPU w oparciu o oleje roślinne różnego pochodzenia.

Sposób według wynalazku zilustrowano w poniższych przykładach uzupełnionych przykładem porównawczym.

#### Przykład 1

Do reaktora ciśnieniowego wyposażonego w dozującą rurkę wglębną dozuje się 100 g epoksydowanego oleju sojowego o liczbie epoksydowej (LEP) wynoszącej 0,405 mol/100 g oraz 3 g bromku 1-butylo-3-metyloimidazolowego, a następnie, przy stałym mieszaniu podgrzewa do temperatury 140°C. Po jej osiągnięciu rozpoczyna się dozowanie gazowego CO<sub>2</sub>, utrzymując w reaktorze w trakcie reakcji stałe ciśnienie wynoszące 15 bar. Przebieg reakcji monitoruje się mierząc spadek liczby epoksydowej oraz za pomocą spektroskopii w podczerwieni (FT-IR). Pojawieniu się i wzrostowi pasma absorpcji przy 1800 cm<sup>-1</sup>, odpowiadającego cyklicznym grupom węglanowym towarzyszy zanikanie bliźniaczych pasm epoksydowych przy 823 i 845 cm<sup>-1</sup>. Reakcję prowadzi się przez 18 godzin do prawie całkowitego przereagowania grup epoksydowych oleju (LEP < 0,02 mol/100 g).

Czas żelowania otrzymanego karbonizowanego oleju sojowego w reakcji z dietylenotriaminą (DETA), oznaczony w temperaturze 100°C wynosi 8 minut i 50 sekund.

Karbonizowany olej sojowy, poddaje się następnie procesowi sieciowania i spieniania bez oczyszczania, w ten sposób, że 100 g karbonizowanego oleju sojowego umieszcza się w mieszalniku i ogrzewa do temperatury 40 ± 5°C. Następnie wprowadza się 1 g surfaktantu Tegostab B8406 oraz 10 g dodatku porującego w postaci mieszaniny 7,5 g azodikarbonamidu i 2,5 g ZnO, i miesza się intensywnie składniki do momentu uzyskania jednorodnej mieszaniny. Do mieszaniny wprowadza się 20 g dietylenotriaminy (stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosi 1 : 1), miesza się 5 minut, a potem mieszaninę wylewa się do formy i wygrzewa w temperaturze 120°C przez 1 godzinę, uzyskując pianę polihydroksyuretanową.

Po spienieniu uzyskano około 10-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 115 g/dm<sup>3</sup>.

#### Przykład 2

Karbonizowany olej sojowy otrzymany zgodnie z opisem w przykładzie 1 poddano sieciowaniu i spienianiu również według opisu w przykładzie 1 z tą różnicą, że jako środek sieciujący stosowano heksametylenodiaminę w ilości 23 g (stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosi 1 : 1).

Po spienieniu i wygrzewaniu w temperaturze 120°C przez 1 godzinę uzyskano około 8-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 230 g/dm<sup>3</sup>.

#### Przykład 3

Syntezę karbonizowanego oleju sojowego prowadzono tak jak w przykładzie 1, z tą różnicą, że w trakcie syntezy utrzymywano temperaturę 120°C. Reakcję prowadzono 25 godzin do prawie całkowitego przereagowania grup epoksydowych oleju (LEP < 0,02 mol/100 g).

#### Przykład 4

Karbonizowany olej sojowy otrzymany zgodnie z opisem w przykładzie 1 poddano sieciowaniu i spienianiu również według opisu w przykładzie 1 z tą różnicą, że jako środek spieniający zastosowano mieszaninę 7,5 g azodikarbonamidu z 2,5 g ZnO oraz 2,5 g mikrosfer polimerowych Expancel 093DU120.

Po spienieniu i wygrzewaniu w temperaturze 120°C przez 1 godzinę uzyskano około 12-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 95 g/dm<sup>3</sup>.

#### Przykład 5

Syntezę węglanu cyklicznego prowadzono tak jak w przykładzie 1, w czasie 18 godzin, z tą różnicą, że zamiast epoksydowanego oleju sojowego jako surowiec zastosowano epoksydowany olej z karczocha hiszpańskiego o liczbie epoksydowej wynoszącej 0,366 mol/100 g.

Czas żelowania otrzymanego karbonizowanego oleju z karczocha hiszpańskiego w reakcji z DETA, oznaczony w temperaturze 100°C wynosi 24 minuty i 12 sekund.

Proces sieciowania i spieniania uzyskanego karbonizowanego oleju z karczocha hiszpańskiego prowadzono tak jak w przykładzie 1, z tą różnicą że dietylenotriaminę stosowano w ilości 18 g na 100 g karbonizowanego oleju (stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosi 1 : 1).

Po spienieniu i wygrzewaniu w temperaturze 120°C przez 1 godzinę uzyskano około 5-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 575 g/dm<sup>3</sup>.

#### Przykład 6

Syntezę węglanu cyklicznego prowadzono tak jak w przykładzie 1, w czasie 18 godzin, z tą różnicą, że zamiast epoksydowanego oleju sojowego zastosowano epoksydowany olej szafranowy, o LEP 0,390 mol/100 g.

Czas żelowania otrzymanego karbonizowanego oleju szafranowego w reakcji z DETA, oznaczony w temperaturze 100°C wynosi 12 minut i 49 sekund.

Proces sieciowania i spieniania karbonizowanego oleju szafranowego prowadzono tak jak w przykładzie 1, z tą różnicą, że dietylenotriaminę stosowano w ilości 19 g na 100 g karbonizowanego oleju (stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosi 1 : 1).

Po spienieniu i wygrzewaniu w temperaturze 120°C przez 1 godzinę uzyskano około 8-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 230 g/dm<sup>3</sup>.

#### Przykład 7 (porównawczy)

Syntezę karbonizowanego oleju sojowego prowadzono tak jak w przykładzie 1, z tą różnicą, że zamiast bromku 1-butylo-3-metyloimidazolowego zastosowano bromek tetrabutylamoniumowy (TBAB, 3 g). Reakcję prowadzono się przez 24 godziny do prawie całkowitego przereagowania grup epoksydowych oleju (LEP < 0,02 mol/100 g).

Czas żelowania otrzymanego karbonizowanego oleju sojowego w reakcji z DETA, oznaczony w temperaturze 100°C wyniósł 25 minut i 30 sekund. Zarówno reakcja karbonizacji jak i proces żelowania przebiegały zatem wyraźnie dłużej niż po zastosowaniu katalizatora z przykładu 1.

Proces sieciowania i spieniania otrzymanego karbonizowanego oleju sojowego prowadzono tak jak w przykładzie 1.

Po spienieniu i wygrzewaniu w temperaturze 120°C przez 1 godzinę uzyskano około 5-krotny wzrost objętości, a otrzymana piana posiada gęstość 575 g/dm<sup>3</sup>. Uzyskana piana cechowała się zatem niekorzystnie większą gęstością niż odpowiedni produkt uzyskany z wykorzystaniem bromku 1-butylo-3-metyloimidazolowego.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania nieizocyjanianowej piany polihydroksyuretanowej, który obejmuje kolejno po sobie następujące etapy:
  - a) katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego z dwutlenkiem węgla, która prowadzi do uzyskania karbonizowanego oleju roślinnego;
  - b) proces sieciowania i spieniania karbonizowanego oleju roślinnego z pierwszorzędowym związkami aminowymi, zawierającym co najmniej dwie grupy aminowe, realizowany w obecności surfaktanta i porofoera, który prowadzi do uzyskania usieciowanego spienionego nieizocyjanianowego poliuretanu;**znamienny tym, że:**
  - katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego z dwutlenkiem węgla prowadzi się przez 18–25 h, w temperaturze z zakresu 100–160°C, przy ciśnieniu 1–30 bar, wobec cieczy jonowej, w której anionem jest jon bromkowy, a kation stanowi N-alkilowa pochodna imidazolu o długości łańcucha alkilowego od C<sub>2</sub> do C<sub>10</sub>, której udział wynosi 2–4% m/m, po czym
  - uzyskany karbonizowany olej, poddaje się procesowi sieciowania i spieniania bez oczyszczania, w ten sposób, że do karbonizowanego oleju, w temperaturze 40 ± 5°C wprowadza się surfaktant i dodatek porujący w stosunku wagowym odpowiednio 10 : 0,1–0,3 : 1–1,5 i miesza się składniki do momentu uzyskania jednorodnej mieszaniny, do której następnie wprowadza się pierwszorzędowy związek poliaminowy w takiej ilości, by stosunek molowy grup aminowych do cyklicznych grup węglanowych oleju wynosił 0,75–1,25 : 1,0, po czym miesza się intensywnie przez 5 minut, a potem wylewa do formy i wygrzewa w temperaturze 120°C przez 0,5–2 godziny, uzyskując pianę polihydroksyuretanową.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako epoksydowany olej roślinny stosuje się epoksydowany olej sojowy, epoksydowany olej szafranowy albo epoksydowany olej z karczocha hiszpańskiego.
3. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w cieczy jonowej kationem jest N-alkilowa pochodna imidazolu o długość łańcucha alkilowego C<sub>2</sub> do C<sub>6</sub>.
4. Sposób według zastrz. 3 **znamienny tym**, że jako ciecz jonową stosuje się bromek 1-etylo-3-metyloimidazolowy, bromek 1-butylo-3-metyloimidazolowy lub bromek 1-heksylo-3-metyloimidazolowy.
5. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego z CO<sub>2</sub> prowadzi się w temperaturze z zakresu 120–140°C.
6. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że katalizowaną reakcję epoksydowanego oleju roślinnego prowadzi się przy ciśnieniu z zakresu 10–15 bar.
7. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako związek aminowy stosuje się dietylenotriaminę (DETA).
8. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako związek aminowy stosuje się heksametylenodiaminę (HMDA).
9. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako surfaktant stosuje się kopolimer polieterowo-polidimetylowo-siloksanowy.
10. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę co najmniej jednego porofoera z aktywatorem obniżającym temperaturę rozkładu porofoera.
11. Sposób według zastrz. 10 **znamienny tym**, że jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę azodikarbonamidu (AZO), z ZnO w stosunku wagowym 3 : 1.
12. Sposób według zastrz. 10 **znamienny tym**, że jako dodatek porujący stosuje się mieszaninę azodikarbonamidu, mikrosfer polimerowych oraz ZnO w stosunku wagowym 3 : 1 : 1.