

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **238755**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420456**

(22) Data zgłoszenia: **06.02.2017**

(51) Int.Cl.

**C10B 47/34 (2006.01)**

**C10B 53/02 (2006.01)**

**C01B 32/324 (2017.01)**

**C01B 32/336 (2017.01)**

**C01B 32/39 (2017.01)**

(54) **Sposób homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych  
oraz urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich  
materiałów biomasowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**13.08.2018 BUP 17/18**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**04.10.2021 WUP 27/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,  
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MIROSLAW KWIATKOWSKI, Kraków, PL**

**PL 238755 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych, zwłaszcza niejednorodnych materiałów odpadowych pochodzenia biomasowego np. miękkich gatunków drewna, kolb kukurydzy, słomy, łupin, lnu, juty wykorzystywany w procesach produkcji węgla aktywnych.

Przedmiotem wynalazku jest także urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych, które umożliwia homogeniczną karbonizację i/lub z aktywacją miękkich materiałów o budowie niejednorodnej pochodzenia organicznego, z dużą efektywnością procesu oraz możliwością uzyskania produktu o jednakowych właściwościach w całej objętości wsadu i powtarzalnych w poszczególnych partiach produkcji.

Węgla aktywne są materiałami o rozbudowanym układzie porów o różnej wielkości, w tym szczególnie mikro i mezoporów, a co za tym idzie cechują się unikalnymi właściwościami adsorpcyjnymi, dzięki którym są wykorzystywane w różnych procesach przemysłowych i życiu codziennym. Materiały te stosuje się między innymi w procesach oczyszczania strumieni powietrza i gazów odlotowych z niepożądanych substancji, do usuwania śladowych ilości lotnych związków organicznych z powietrza wentylacyjnego, w procesach oczyszczania wody pitnej, procesach rafinacji cukru i alkoholi oraz w medycynie. Materiały te są stosowane także w ostatnich latach coraz częściej w procesach magazynowania gazu ziemnego i wodoru, w procesach elektrosorpcji wodoru oraz jako materiały elektrodowe w kondensatorach podwójnej warstwy elektrycznej. Węgla aktywne otrzymuje się zwykle z różnych surowców pochodzenia organicznego o dużej zawartości węgla pierwiastkowego, w tym między innymi z materiałów odpadowych pochodzenia roślinnego. Wybór surowca do produkcji węgla aktywnego zależy od jego ostatecznego przeznaczenia, a także od jego dostępności i ceny.

Węgla aktywne na skalę przemysłową otrzymuje się najczęściej w procesie aktywacji poprzedzonej procesem karbonizacji. Proces karbonizacji polega na ogrzewaniu surowca bez dostępu powietrza lub w atmosferze gazów obojętnych takich jak azot lub argon, a wpływ na właściwości otrzymanego karbonizatu mają: końcowa temperatura i czas trwania karbonizacji, prędkość wzrostu temperatury oraz atmosfera w jakiej odbywa się proces. Temperatura końcowa karbonizacji niższa od temperatury zakończenia rozkładu termicznego, sprzyja uzyskaniu produktu o większej reaktywności w porównaniu do produktu, w którym procesy rozkładu termicznego zostały doprowadzone do końca. Z kolei temperatura końcowa wyższa od temperatury zakończenia procesów rozkładu termicznego substancji karbonizowanej, sprzyja otrzymywaniu materiałów o bardziej uporządkowanej strukturze, jednak przy mniejszej objętości mikroporów. Ważnym parametrem procesu karbonizacji jest także szybkość osiągania temperatury końcowej. Zbyt szybki wzrost temperatury powoduje trudności w kontrolowaniu procesu w związku z nakładaniem się, poszczególnych faz rozkładu termicznego substancji oraz wtórnych reakcji gazowych produktów karbonizacji między sobą. W tym przypadku utrudnione jest także uporządkowanie chemicznej budowy, a wydzielanie się dużej ilości części lotnych, skutkuje tworzeniem się porów o większych rozmiarach w porównaniu do tych otrzymywanych przy mniejszych szybkościach ogrzewania. Również reaktywność karbonizatów uzyskanych przy dużej szybkości ogrzewania jest większa niż otrzymanych podczas powolnego wzrostu temperatury. Duży wpływ na przebieg procesu karbonizacji ma także atmosfera w jakiej prowadzony jest proces oraz wielkość jej strumienia. W przypadku gdy wydzielające się gazy pary są szybko usuwane za pomocą strumienia gazu obojętnego, to wydajność procesu jest mniejsza, a reaktywność karbonizatu jest większa. Przebieg procesu karbonizacji i właściwości uzyskanego karbonizatu zależą również od budowy chemicznej i strukturalnej użytego surowca. Od przebiegu i parametrów procesu karbonizacji zależy kształtowanie się pierwotnej struktury porowatej. Jednak parametry wykształconej w procesie karbonizacji pierwotnej struktury porowatej, są niewystarczające dla większości procesów adsorpcyjnych. Dlatego w celu uzyskania odpowiedniego rozwinięcia struktury porów, w tym szczególnie mikroporów karbonizat poddaje się dalszej obróbce tj. procesowi aktywacji. Procesy aktywacji dzielą się na dwa rodzaje, tj. aktywację fizyczną i chemiczną.

Proces aktywacji fizycznej najczęściej polega na częściowym zgazowaniu karbonizatu czynnikami utleniającymi tj. parą wodną lub ditlenkiem węgla w temperaturze 800–1000°C lub rzadziej tlenem w temperaturze poniżej 800°C, ewentualnie mieszaniną wymienionych czynników. W wyniku zachodzących reakcji powstają produkty gazowe i stopniowo przereagowuje karbonizat, rozwijają się i powstają nowe pory oraz zwiększa się powierzchnia właściwa materiału. Największy wpływ na przebieg procesu aktywacji ma temperatura. W niskich temperaturach szybkość reakcji chemicznej karbonizatu z aktywatorem jest mała, a co za tym idzie ustala się równowaga dynamiczna pomiędzy stężeniem aktywatora

w porach, a jego stężeniem w przestrzeniach międzyziarnowych, co sprzyja otrzymaniu jednorodnego produktu z równomiernym rozkładem porów w całej objętości ziaren. Z kolei wraz ze wzrostem temperatury może nastąpić niekontrolowane utlenienie, prowadzące do wypalenia ścianek między sąsiednimi porami, a co za tym idzie zmniejszenia objętości mikroporów, a w ekstremalnym przypadku może nastąpić jedynie reakcja na zewnętrznej powierzchni ziaren, w czego konsekwencji nie nastąpi formowanie się struktury porowatej. Szybkość procesu aktywacji zależna jest także od reaktywności samego karbonizatu, jak i aktywności utleniacza.

Do głównych zalet aktywacji fizycznej zalicza się stosunkowo niskie koszty wytwarzania węgla aktywnych oraz możliwość zachowania tekstury prekursora, jednak w tym procesie otrzymuje się adsorbenty węglowe, których pole powierzchni właściwej zwykle nie przekracza 2000 m<sup>2</sup>/g.

Z kolei proces aktywacji chemicznej polega na impregnacji surowca pierwotnego lub otrzymanego wcześniej karbonizatu poprzez wymieszanie go z odpowiednią ilością aktywatora którym może być: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH, NaOH, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> itd., najczęściej w postaci stężonego roztworu i ogrzewaniu go w atmosferze obojętnej w temperaturze 600–900°C. Otrzymany adsorbent po ochłodzeniu przemywany jest wodą destylowaną lub łagodnym kwasem w celu usunięcia pozostałości aktywatora i jego recyklingu.

Czynnikami, które wpływają na kształtowanie się struktury porowatej w procesie aktywacji chemicznej są: rodzaj surowca, temperatura procesu, atmosfera oraz stosunek masowy czynnika aktywującego do surowca, wpływający szczególnie na jakość i rozkład wielkości porów.

Nieustanny rozwój techniki i nowych technologii stale powiększa obszary zastosowań węgla aktywnych i innych adsorbentów węglowych takich jak węglowe sита molekularne, czy aktywowane włókna węglowe, a co za tym idzie wymusza to konieczność intensyfikacji badań nad udoskonalaniem procesów ich produkcji oraz obniżania jej kosztów, w celu zapewnienia konkurencyjności w stosunku do alternatywnych technologii i materiałów. Obniżenie kosztów produkcji adsorbentów węglowych i podniesienie jej efektywności jest możliwe zarówno poprzez zastąpienie surowców ich tańszymi odpowiednikami, w tym materiałami odpadowymi oraz poprzez udoskonalenie technologii ich wytwarzania ze szczególnym zwróceniem uwagi na zwiększenie efektywności wykorzystania energii i związków chemicznych oraz wody.

Ze zgłoszenia JP2001172012 A znana jest metoda i aparatura do produkcji węgla aktywnych zawierająca piec obrotowy, zdolny zarówno do prowadzenia procesu karbonizacji jak i aktywacji, bez emisji szkodliwych gazów spalinowych do atmosfery. Wewnątrz komory pieca ogrzewanego gazowo umieszczona jest rura z dyszami, przez które wprowadza się aktywator.

Ze zgłoszenia RU2003135136 A znane jest rozwiązanie pieca o konstrukcji pionowej do produkcji węgla aktywnych, który może znaleźć zastosowanie do przeróbki odpadów w przedsiębiorstwach przeróbki drewna. W zaproponowanym rozwiązaniu ujawniono konstrukcję pionowego pieca retortowego o przekroju kwadratowym z umieszczonym wewnątrz kanałem, przez który podaje się parę wodną.

Z opisu patentowego DE102007012112 B3, znane jest urządzenie ciśnieniowego reaktora do hydrotermicznej karbonizacji materiałów pochodzenia biomasowego, z zamontowanym wewnątrz przenośnikiem, który ma za zadanie przesypywać materiał karbonizowany do przodu i usuwać resztki karbonizatu ze ścianek naczynia.

Z opisu patentowego CN101597057 B znane jest urządzenie do produkcji węgla aktywnego, składające się z korpusu pieca, podajnika dostarczającego surowiec, sekcji ogrzewania, systemu dostarczania pary, systemu dostarczania gazu neutralnego oraz zbiornika produktu finalnego. Sekcja ogrzewania składa się z części podgrzewania surowca oraz części aktywującej, a do ogrzewania wykorzystywane jest promieniowanie mikrofalowe. Dzięki zastosowaniu ogrzewania mikrofalowego, surowiec jest aktywowany ciągle w strefie ogrzewania, co umożliwia zautomatyzowanie produkcji, oszczędność energii, ochronę środowiska, wysoką jakość produkcji oraz stabilną jakość produktów.

Z opisu wzoru użytkowego CN201010525 Y znane jest rozwiązanie urządzenia do kompleksowej aktywacji materiałów węglowych, składającego się z sekcji suszenia, koksowania, aktywacji oraz sekcji chłodzenia.

Ze zgłoszenia WO2008043982 A1 znane jest rozwiązanie, obrotowego pieca do karbonizacji i aktywacji fizycznej, w którym komora pieca nachylona jest pod kątem zapewniającym przesuwanie się materiału i podzielona jest dodatkowo na 5–10 jazów, wyposażonych w pierścieniowe zastawki i pręty hakowe, których zadaniem jest przesuwanie do przodu i mieszanie materiału. W procesie aktywacji para wodna lub ditlenek węgla dostarczane są przeciwprądowo do ruchu wsadu.

Ze zgłoszenia WO9506698A1 znane jest rozwiązanie, obrotowego pieca do karbonizacji, w którym wzdłuż cylindrycznej komory pieca zamontowano rury grzejne, z których część tworzy wsporniki zapewniające mieszanie karbonizowanego wsadu.

Ze zgłoszenia CN105038821 A znane jest rozwiązanie, pieca obrotowego do karbonizacji, w którym w korpusie pieca zamontowany został wał śrubowy, przeznaczeniem którego jest zeszkrobwanie przywierającego karbonizatu z wewnętrznej ścianki korpusu pieca. Rozwiązanie to pozwala na wyeliminowanie potrzeby okresowego czyszczenia komory pieca obrotowego, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie produkcji w trybie ciągłym oraz zwiększa się żywotność komory pieca.

Ze zgłoszenia JP2002173684 A znane jest rozwiązanie pieca do karbonizacji materiałów odpadowych w trybie ciągłym. Budowa tego pieca opiera się na cylindrycznym korpusie wykonanym ze stali żaroodpornej obracającym się wokół osi poziomej, w którym zainstalowany jest przenośnik śrubowy, przesuwający wsadu. Korpus obrotowy łączy się z rynną załadowniczą oraz portem rozładowania.

Ze zgłoszenia CN104357064 A, znane jest rozwiązanie urządzenia do ciągłej karbonizacji materiałów biomasowych, w których karbonizacja prowadzona jest dwuetapowo. W rozwiązaniu tym cylindry pieca zawierają przenośniki spiralne, służące do transportu materiału karbonizowanego, a gazy powstające w procesie karbonizacji, tj. w części drugiej pieca, kierowane są do spalania odpowiednimi rurami do pierwszej części. Z kolei energia cieplna wytworzona w procesie spalania, wykorzystywana jest drugiej części pieca do procesu karbonizacji.

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem materiałów odpadowych z produkcji spożywczej, rolniczej i leśnej jako surowców do produkcji węgla aktywnych. Wykorzystanie tych materiałów pozwala nie tylko na zmniejszenie kosztów produkcji węgla aktywnych, ale także pozwala na minimalizację kosztów utylizacji wspomnianych odpadów oraz zmniejszenie ich negatywnego wpływu na środowisko przyrodnicze. Wykorzystanie odpadowej biomasy pochodzenia roślinnego umożliwia konwersję ogólnie dostępnych, a niejednokrotnie bezwartościowych i kłopotliwych odpadów do wysokiej jakości adsorbentów węglowych, stosowanych między innymi w ochronie środowiska i energetyce oraz życiu codziennym.

Ze zgłoszenia CN104773731 A znana jest metoda produkcji węgla aktywnych z materiałów odpadowych pochodzenia biomasowego w procesie aktywacji parą wodną lub ditlenkiem węgla z wykorzystaniem wielopaleniskowego pieca.

Z opisu wzoru użytkowego CN201172626 Y znane jest rozwiązanie ciągłej produkcji węgla aktywnego z trocin i zrębów drewnianych w dwuetapowym procesie karbonizacji i aktywacji. W rozwiązaniu tym wykorzystywana jest konstrukcja pieca składającego się z dwóch komór tj. komory w której prowadzony jest proces karbonizacji oraz drugiej komory w której prowadzony jest proces aktywacji chemicznej z wykorzystaniem chlorku cynku.

Z opisu patentowego JP4870278 B2, znana jest metoda produkcji adsorbentów węglowych w poziomym piecu obrotowym.

W znanych rozwiązaniach procesów i urządzeń do karbonizacji i aktywacji materiałów odpadowych pochodzenia biomasowego występują trudności z utrzymaniem odpowiedniej temperatury poszczególnych etapów procesu produkcji oraz jednakowego i precyzyjnego czasu osiągnięcia założonej temperatury w całej objętości wsadu, a także jednakowego czasu chłodzenia, jak i identycznych warunków odprowadzania produktów gazowych i doprowadzania strumienia gazu obojętnego lub aktywatora w całej masie wsadu. W związku z tym procesy karbonizacji i aktywacji przebiegają z różnymi często niekontrolowanymi szybkościami, mechanizmami i wydajnościami w poszczególnych częściach komory pieca i wsadu. Ponadto karbonizowane i aktywowane surowce w tym szczególnie biomasa pochodzenia roślinnego, cechują się niejednorodną budową i niejednokrotnie niemożliwa jest ich homogenizacja w stanie surowym, w związku z powyższymi występują problemy z uzyskaniem jednorodnych i powtarzalnych partii produktów finalnych.

Celem niniejszego wynalazku jest opracowanie efektywnego sposobu i urządzenia do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych, pozwalających na uzyskanie homogenicznego karbonizatu lub węgla aktywnego o powtarzalnych właściwościach fizykochemicznych i mechanicznych, jednakowych w całej jego objętości.

Istota sposobu homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych, w którym surowiec, korzystnie w postaci odpadów pochodzenia organicznego rozdrabnia się, osusza, po czym karbonizuje lub aktywuje, lub surowiec najpierw karbonizuje się, a następnie aktywuje otrzymany karbonizat, zaś w końcowym etapie ochładza uzyskany karbonizat lub węgiel aktywny, według

wynalazku charakteryzuje się tym, że surowiec osusza się za pomocą ogrzewania indukcyjnego w temperaturze 105–120°C, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, korzystnie nie dłużej niż 2 godziny, po czym karbonizuje się go ogrzewając indukcyjnie najpierw w temperaturze 350–500°C przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 500–1000°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu, wprowadzającego go w stan semifluidyzacji i uzyskując homogeniczny karbonizat będący produktem końcowym lub półproduktem do dalszego wytwarzania węgla aktywnych lub surowiec albo półprodukt poddaje się aktywacji najpierw w temperaturze 400–600°C przez 0,5–1,5 godziny oraz następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godziny, przy jednoczesnym przepływie aktywatora w postaci pary wodnej lub CO<sub>2</sub> wprowadzającego go w stan semifluidyzacji i powodującego jego homogenizację lub surowiec albo półprodukt impregnuje się lub miesza ze związkiem chemicznym wybranym z grupy obejmującej: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH, NaOH, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, po czym poddaje się go najpierw aktywacji ogrzewając indukcyjnie w temperaturze 400–600°C przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu. W końcowym etapie uzyskany karbonizat lub węgiel aktywny chłodzi się do temperatury od 20 do 50°C gazowym lub ciekłym azotem.

Istota urządzenia do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych zawierającego komorę załadowniczą, komorę pieca i komorę wyładowniczą, charakteryzuje się tym, że komora pieca podzielona jest na dwie strefy ogrzewania umieszczone od strony komory załadowniczej oraz strefę chłodzenia umieszczoną od strony komory wyładowniczej, przy czym komora załadownicza zawiera okno załadownicze zewnętrzne, w którym zamontowana jest głowica załadownicza z osadzonym w niej obrotowym bębniem załadowniczym, okno załadownicze wewnętrzne, układ odgazowania oraz przenośnik ślimakowy komory załadowniczej, a komora pieca zawiera nieruchomy dwuścienny korpus zewnętrzny oraz ruchomy korpus wewnętrzny, w którego ściankach umieszczone są dysze oraz zamocowane są łopatkki mieszające ułożone w układzie śrubowym pod kątem 7–30°. W wale przenośnika ślimakowego komory załadowniczej oraz wale komory pieca, w strefach ogrzewania zamocowane są zestawy cewek indukcyjnych, każdy składający się z od 3–6 cewek indukcyjnych. W strefie chłodzenia umieszczone są dysze chłodzenia, natomiast komora wyładownicza zawiera przenośnik ślimakowy komory wyładowniczej, w którym są zamocowane dysze czyszczące, okno wyładownicze wewnętrzne, głowica wyładownicza, obrotowy bęben wyładowniczy i okno wyładownicze zewnętrzne.

Korzystnie strefy ogrzewania i strefa chłodzenia są od siebie izolowane termicznie za pomocą przekładek ceramicznych.

Ponadto każdy z zestawów cewek indukcyjnych wyposażony jest w oddzielny układ sterujący i niezależny układ zasilający.

Dodatkowo pomiędzy ściankami nieruchomego dwuściennego korpusu zewnętrznego komory pieca umieszczona jest pianka ceramiczna o dużej izolacyjności termicznej.

Sposób oraz urządzenie według niniejszego wynalazku pozwala na homogeniczną karbonizację i/lub aktywację miękkich materiałów biomasowych o budowie niejednorodnej, z dużą efektywnością procesu oraz możliwością uzyskania powtarzalnego produktu o jednakowych właściwościach w całej objętości wsadu. Dzięki zastosowaniu dwustrefowego ogrzewania indukcyjnego można precyzyjnie kontrolować wartości osiąganych temperatur i czasy ich wzrostu oraz czasy przetrzymywania w końcowej temperaturze w poszczególnych strefach ogrzewania, co zapewnia możliwości uzyskania produktu o założonych parametrach przy jednoczesnej minimalizacji strat energii. Ponadto dzięki zainstalowaniu łopatek mieszających oraz dysz przez które wprowadzana jest atmosfera obojętna lub aktywator gazowy, zapewniona jest dodatkowa homogenizacja materiału oraz jednakowe warunki przebiegu procesu w całej objętości wsadu w poszczególnych strefach. Także dzięki zastosowaniu komory załadowniczej i wyładowniczej o szczelnej konstrukcji, zapewnione są stałe warunki przebiegu procesów w poszczególnych strefach, a co za tym idzie także zapewniona jest powtarzalność otrzymywanych produktów i ich jednorodność. Zastosowanie komór załadowniczej i wyładowniczej o szczelnej konstrukcji umożliwia także prowadzenie procesu produkcji w sposób ciągły, a co za tym idzie nie występują nadmierne straty energii.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawiono poniżej w przykładach objaśniających realizację sposobu homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych oraz urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych. Na rysunku, na fig. 1 przedstawiono urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych w ujęciu schematycznym, a na fig. 2 – powiększenie szczegółu S z fig. 1.

Przykładów tych nie należy jednak uważać za ograniczające istotę lub zawężające zakres ochrony, gdyż stanowią one jedynie ilustrację wynalazku.

#### Przykład 1

Surowiec w postaci biomasy, w formie wstępnie rozdrobnionych odpadów z drewna sosnowego osusza się indukcyjnie w temperaturze 120°C przez okres do 2 godzin, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym osuszony surowiec ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 500°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 800°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie azotu oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień gazu wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W końcowym etapie uzyskany karbonizat chłodzi się do temperatury 30°C ciekłym azotem.

#### Przykład 2

Surowiec w postaci biomasy, w formie wstępnie rozdrobnionych kolb kukurydzy osusza się indukcyjnie w temperaturze 110°C przez okres do 2 godzin, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym osuszony surowiec ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 450°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 750°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie pary wodnej oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień aktywatora wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W końcowym etapie uzyskany karbonizat chłodzi się do temperatury 30°C ciekłym azotem.

#### Przykład 3

Surowiec w postaci biomasy, w formie wstępnie rozdrobnionych kolb kukurydzy osusza się indukcyjnie w temperaturze 110°C przez okres do 2 godzin, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym osuszony surowiec ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 400°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 700°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie ditlenku węgla oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień aktywatora wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W końcowym etapie uzyskany karbonizat chłodzi się do temperatury 30°C ciekłym azotem.

#### Przykład 4

Surowiec w postaci biomasy, w formie wstępnie rozdrobnionych łupin pomarańczy zaimpregnowanych wodorotlenkiem potasu, przy stosunku masy surowca do masy aktywatora 1:1, osusza się indukcyjnie w temperaturze 115°C przez okres dwóch godzin, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym tak przygotowany surowiec ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 450°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 700°C przez 1,5 godziny, przy jednoczesnym przepływie azotu oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień gazu wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co dodatkowo intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W kolejnym etapie uzyskany karbonizat chłodzi się do temperatury 40°C ciekłym azotem, a w ostatnim etapie otrzymany węgiel aktywny przemywa się wodą destylowaną lub łagodnym kwasem w celu usunięcia pozostałości aktywatora i jego recyklingu

#### Przykład 5

Półprodukt w postaci karbonizatu otrzymanego sposobem opisanym w przykładzie 1 osusza się indukcyjnie w temperaturze 110°C przez okres 1 godziny, aż do usunięcia pozostałości wilgoci higroskopijnej, po czym osuszony karbonizat ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 500°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 800°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie pary wodnej oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień aktywatora wprowadza karbonizat dodatkowo w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji produktu końcowego. W końcowym etapie uzyskany węgiel aktywny chłodzi się do temperatury 30°C ciekłym azotem.

#### Przykład 6

Półprodukt w postaci karbonizatu otrzymanego sposobem opisanym w przykładzie 1 osusza się indukcyjnie w temperaturze 110°C przez okres 1 godziny, aż do usunięcia pozostałości wilgoci higroskopijnej, po czym osuszony karbonizat ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 500°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 800°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie ditlenku węgla oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień aktywatora wprowadza karbonizat dodatkowo w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji produktu końcowego. W końcowym etapie uzyskany węgiel aktywny chłodzi się do temperatury 30°C ciekłym azotem.

#### Przykład 7

Półprodukt w postaci karbonizatu otrzymanego sposobem opisanym w przykładzie 1 z rozdrobnionych odpadów z drewna sosnowego, zaimpregnowany wodorotlenkiem potasu, przy stosunku masy surowca do masy aktywatora 1:1, osusza się indukcyjnie w temperaturze 105°C przez okres godziny, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym tak przygotowany półprodukt ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 450°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 700°C przez 1,5 godziny, przy jednoczesnym przepływie azotu oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień gazu wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W kolejnym etapie produkt końcowy tj. węgiel aktywny chłodzi się do temperatury 40°C ciekłym azotem, a w ostatnim etapie przemycza się go wodą destylowaną lub łagodnym kwasem w celu usunięcia pozostałości aktywatora i jego recyklingu.

#### Przykład 8

Półprodukt w postaci karbonizatu otrzymanego sposobem opisanym w przykładzie 1 impregnuje się wodorotlenkiem sodu, przy stosunku masy surowca do masy aktywatora 1:1,5, osusza się indukcyjnie w temperaturze 110°C przez okres 0,5 godziny, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, po czym tak przygotowany surowiec ogrzewa się indukcyjnie w temperaturze od 600°C przez 1 godzinę, a następnie w temperaturze 850°C przez 2 godziny, przy jednoczesnym przepływie azotu oraz ruchu obrotowym wewnętrznej komory pieca i łopatek mieszających. Strumień gazu wprowadza wysuszony surowiec w stan semifluidyzacji co intensyfikuje proces i przyczynia się do lepszej homogenizacji karbonizatu. W kolejnym etapie uzyskany karbonizat chłodzi się do temperatury 40°C ciekłym azotem, a w ostatnim etapie otrzymany węgiel aktywny przemycza się wodą destylowaną lub łagodnym kwasem w celu usunięcia pozostałości aktywatora i jego recyklingu.

#### Przykład 9

Urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych składa się z trzech części: komory załadowniczej A, komory pieca B i komory wyładowniczej C. Komora pieca B podzielona jest na dwie strefy ogrzewania I, II oraz strefę chłodzenia III, umieszczone od strony komory załadowniczej A oraz strefę chłodzenia III umieszczoną od strony komory wyładowniczej C. Strefy ogrzewania I, II i strefa chłodzenia III są od siebie izolowane termicznie za pomocą przekładek ceramicznych.

Komora załadownicza A zawiera okno załadownicze zewnętrzne 1, w którym zamontowana jest głowica załadownicza 2 z osadzonym w niej obrotowym bębniem załadowniczym 3, okno załadownicze wewnętrzne 4, układ odgazowania 5 oraz przenośnik ślimakowy 6 komory załadowniczej A wykonany ze stali żaroodpornej i ferromagnetycznej. Korpus komory załadowniczej A, składa się z dwóch warstw stalowych i umieszczonej pomiędzy nimi warstwy środkowej wykonanej z materiału ceramicznego o dużej izolacyjności termicznej, przy czym warstwa stalowa wewnętrzna wykonana jest ze stali żaroodpornej o właściwościach ferromagnetycznych.

Komora pieca B zawiera nieruchomy dwuścienny korpus zewnętrzny 7, pomiędzy którego ściankami umieszczona jest pianka ceramiczna o dużej izolacyjności termicznej, ruchomy korpus wewnętrzny pieca 8, z umieszczonymi dyszami 9, łopatkami mieszającymi 10 ułożonymi w układzie śrubowym pod kątem 7–30° i zamontowanymi w wale wewnętrznym pieca w strefach ogrzewania I i II dwoma zestawami cewek indukcyjnych 11 oraz dyszami chłodzenia 12 umieszczonymi w strefie chłodzenia. Każdy z zestawów cewek indukcyjnych 11 składający się z 3 do 6 cewek indukcyjnych wyposażony jest w oddzielny układ sterujący i niezależny układ zasilający.

Komora wyładownicza C zawiera przenośnik ślimakowy 13 komory wyładowniczej C, dysze czyszczące 14, okno wyładownicze wewnętrzne 15, głowicę wyładowniczą 16, obrotowy bęben wyładowniczy 17 obracający się cyklicznie co 180° i okno wyładownicze zewnętrzne 18.

W celu homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych surowiec lub półprodukt wprowadza się przez okno załadownicze zewnętrzne 1 do głowicy załadowniczej 2, a następnie poprzez obrotowy bęben 3 obracający się cyklicznie co 110–180° oraz okno załadownicze wewnętrzne 4 transportuje się go do komory załadowniczej A. Opróżniony bęben 3 wraca do pierwotnego położenia, gdzie załadowany zostaje kolejną partią surowca lub półproduktu. Konstrukcja głowicy załadowniczej 2 umożliwia dostarczenie surowca do komory załadowniczej A, bez dostępu powietrza atmosferycznego z zewnątrz oraz ulatniania się gazów i par z surowca na zewnątrz. Za usuwanie produktów gazowych i powietrza odpowiada układ odgazowania 5, korzystnie wyposażony w cyklon, elektrofiltry i pompę rotacyjną o dużej wydajności.

Zainstalowany w komorze załadowniczej A przenośnik ślimakowy 6 przesuwa wsad do przodu, a układy cewek indukcyjnych 11, wytwarzają szybkozmiennne pole magnetyczne. W konsekwencji indukcji prądów wirowych oraz nagrzewania ferromagnetyków przez zjawisko histerezy zachodzi przemiana energii elektrycznej na ciepłą w ściankach korpusu komory załadowniczej A i w przenośniku ślimakowym 6, dzięki czemu surowiec podgrzewa się do temperatury 105–120°C, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, ale nie dłużej niż 2 godziny. Po wysuszeniu surowiec za pomocą przenośnika ślimakowego 6, przesuwa się do komory pieca B, gdzie w ruchomym korpusie wewnętrznym pieca 8:

- a. karbonizuje się go ogrzewając indukcyjnie najpierw w temperaturze 350–500°C przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 500–1000°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu, wprowadzającego go dodatkowo w stan semifluidyzacji oraz działaniu łopatek mieszających 10 przesuujących surowiec do przodu i homogenizujących surowiec lub
- b. surowiec albo półprodukt poddaje się aktywacji najpierw w temperaturze 400–600° przez 0,5–1,5 godziny oraz następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godziny, przy jednoczesnym przepływie aktywatora w postaci pary wodnej lub CO<sub>2</sub> wprowadzającego dodatkowo surowiec lub półprodukt w stan semifluidyzacji oraz działaniu łopatek mieszających 10 przesuujących surowiec lub półprodukt do przodu oraz zapewniających jego homogenizację lub
- c. surowiec albo półprodukt impregnuje się lub miesza ze związkiem chemicznym wybranym z grupy obejmującej: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH, NaOH, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, po czym poddaje się go najpierw aktywacji ogrzewając indukcyjnie w temperaturze 400–600° przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu wprowadzającego dodatkowo surowiec lub półprodukt w stan semifluidyzacji oraz działaniu łopatek mieszających 10 przesuujących surowiec lub półprodukt do przodu i powodujących jego homogenizację.

Następnie produkt końcowy chłodzi się do temperatury od 30 do 50°C gazowym lub ciekłym azotem podawanym za pomocą dysz chłodzenia 12. Kolejno za pomocą łopatek mieszających 10 i przenośnika ślimakowego 13 produkt końcowy transportowany jest do komory wyładowniczej C, w której opada grawitacyjnie przez okno wyładownicze wewnętrzne 15 do umieszczonego w głowicy wyładowniczej 16 obrotowego bębna wyładowniczego 17, a następnie po jego obróceniu się produkt końcowy transportowany jest przez okno wyładownicze zewnętrzne 18 na zewnątrz urządzenia, zaś obrotowy bęben wyładowniczy 17 wraca do pozycji ładowania kolejną partią produktu końcowego.

#### Wykaz oznaczeń na rysunku

- A – Komora załadownicza
- B – Komora pieca
- C – Komora wyładownicza
- I i II – strefy grzewcze komory pieca
- III – strefa chłodzenia
- 1 – okno załadownicze zewnętrzne
- 2 – głowica załadownicza
- 3 – obrotowy bęben załadowniczy
- 4 – okno załadownicze wewnętrzne
- 5 – układ odgazowania
- 6 – przenośnik ślimakowy
- 7 – nieruchomy dwuścienny korpus zewnętrzny
- 8 – ruchomy korpus wewnętrzny pieca
- 9 – dysze
- 10 – łopatki mieszające
- 11 – zestaw cewek indukcyjnych
- 12 – dysze chłodzenia
- 13 – przenośnik ślimakowy
- 14 – dysze czyszczące
- 15 – okno wyładownicze wewnętrzne
- 16 – głowica wyładownicza
- 17 – obrotowy bęben wyładowniczy
- 18b – okno wyładownicze zewnętrzne



## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych, w którym surowiec, korzystnie w postaci odpadów pochodzenia organicznego rozdrabnia się, osusza, po czym karbonizuje lub aktywuje, lub surowiec najpierw karbonizuje się, a następnie aktywuje otrzymany karbonizat, zaś w końcowym etapie ochładza uzyskany karbonizat lub węgiel aktywny, **znamienny tym**, że surowiec osusza się za pomocą ogrzewania indukcyjnego w temperaturze 105–120°C, aż do usunięcia wilgoci higroskopijnej, korzystnie nie dłużej niż 2 godziny, po czym karbonizuje się go ogrzewając indukcyjnie najpierw w temperaturze 350–500°C przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 500–1000°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu, wprowadzającego go w stan semifluidyzacji i uzyskując homogeniczny karbonizat będący produktem końcowym lub półproduktem do dalszego wytwarzania węgla aktywnych lub surowiec albo półprodukt poddaje się aktywacji najpierw w temperaturze 400–600° przez 0,5–1,5 godziny oraz następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godzin, przy jednoczesnym przepływie aktywatora w postaci pary wodnej lub CO<sub>2</sub> wprowadzającego go w stan semifluidyzacji i powodującego jego homogenizację lub surowiec albo półprodukt impregnuje się lub miesza ze związkiem chemicznym wybranym z grupy obejmującej: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, KOH, NaOH, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, po czym poddaje się go najpierw aktywacji ogrzewając indukcyjnie w temperaturze 400–600° przez 0,5–1,5 godziny, a następnie w temperaturze 600–900°C przez 2–3 godziny przy jednoczesnym przepływie gazu obojętnego, korzystnie azotu lub argonu, zaś w końcowym etapie uzyskany karbonizat lub węgiel aktywny chłodzi się do temperatury od 20 do 50°C gazowym lub ciekłym azotem.
2. Urządzenie do homogenicznej karbonizacji i/lub aktywacji miękkich materiałów biomasowych zawierające komorę załadowniczą, komorę pieca i komorę wyładowczą, **znamiennie tym**, że komora pieca (B) podzielona jest na dwie strefy ogrzewania (I, II) umieszczone od strony komory załadowniczej (A) oraz strefę chłodzenia (III) umieszczoną od strony komory wyładowczej (C), przy czym komora załadownicza (A) zawiera okno załadownicze zewnętrzne (1), w którym zamontowana jest głowica załadownicza (2) z osadzonym w niej obrotowym bębniem załadowniczym (3), okno załadownicze wewnętrzne (4), układ odgazowania (5) oraz przenośnik ślimakowy (6) komory załadowniczej (A), a komora pieca (B) zawiera nieruchomy dwuścienny korpus zewnętrzny (7) oraz ruchomy korpus wewnętrzny (8), w którego ściankach umieszczone są dysze (9) oraz zamocowane są łopatki mieszające (10) ułożone w układzie śrubowym pod kątem 7–30°, przy czym w wale przenośnika ślimakowego (6) komory załadowniczej (A) oraz wale komory pieca (B), w strefach ogrzewania (I, II) zamocowane są zestawy cewek indukcyjnych (11), każdy składający się z od 3–6 cewek indukcyjnych, zaś w strefie chłodzenia (III) umieszczone są dysze chłodzenia (12), natomiast komora wyładowcza (C) zawiera przenośnik ślimakowy (13) komory wyładowczej (A), w którym są zamocowane dysze czyszczące (14), okno wyładowcze wewnętrzne (15), głowica wyładowcza (16), obrotowy bęben wyładowczy (17) i okno wyładowcze zewnętrzne (18).
3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że strefy ogrzewania (I, II) i strefa chłodzenia (III) są od siebie izolowane termicznie za pomocą przekładek ceramicznych.
4. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że każdy z zestawów cewek indukcyjnych (11) wyposażony jest w oddzielny układ sterujący i niezależny układ zasilający.
5. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że pomiędzy ściankami nieruchomego dwuściennego korpusu zewnętrznego (7) komory pieca (B) umieszczona jest pianka ceramiczna o dużej izolacyjności termicznej.

Rysunki

