



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①

① Veröffentlichungsnummer: **0 052 334**
B1

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
16.07.86

⑤ Int. Cl. 4: **C 10 G 1/02, C 10 L 5/00,**
C 10 L 9/08

⑦ Anmeldenummer: **81109604.9**

⑧ Anmeldetag: **10.11.81**

⑤ Verfahren zur Gewinnung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen aus organischem Material.

⑩ Priorität: **14.11.80 DE 3042964**

⑦ Patentinhaber: **Bayer, Ernst, Prof. Dr., Bei der Ochsenweide 17, D-7400 Tübingen 1 (DE)**

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.05.82 Patentblatt 82/21

⑦ Erfinder: **Bayer, Ernst, Prof. Dr., Bei der Ochsenweide 17, D-7400 Tübingen 1 (DE)**

④ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.07.86 Patentblatt 86/29

⑦ Vertreter: **Kinzebach, Werner, Dr. et al, Patentanwälte Reitstötter, Kinzebach und Partner Postfach 780, D-8000 München 43 (DE)**

⑧ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑥ Entgegenhaltungen:
DE - C - 624 843
US - A - 3 962 044
US - A - 4 111 800
US - A - 4 298 350

Ullmann: **Encyclop.d.Techn. Chemie, 4. Auflage, Bd. 14,**
1977, S. 491-502

EP 0 052 334 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen aus organischem Material in körniger bzw. pulveriger Form unter Anwendung erhöhter Temperatur und unter Luftausschluss.

Feste und flüssige Brennstoffe werden heute fast ausschliesslich aus fossilen Energieträgern, wie Kohle und Erdöl, gewonnen. Auch die synthetischen Verfahren zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen, z.B. die Kohlehydrierung nach Pier und Bergius oder das sogenannte Fischer-Tropsch-Verfahren gehen von diesen fossilen Brennstoffen, insbesondere von Kohle, aus.

Man nimmt heute an, dass Kohle vorwiegend aus pflanzlichem Material mit hohem Cellulosegehalt und Erdöl aus Bakterienmasse entstanden sind. Bakterien bestehen zu 60 bis 80% aus Proteinen und Lipiden. Aus diesen Substanzen müssen daher bei der Erdölentstehung die im natürlichen Material ursprünglich vorhandenen Heterofunktionen, insbesondere die Stickstoff-, Schwefel- und Sauerstoff-Funktion eliminiert worden sein. Dies müsste unter Bedingungen geschehen sein, bei denen keine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen gespalten wurden und oxidative oder reduktive Prozesse nicht erforderlich waren. Die angenommenen «natürlichen» Reaktionsabläufe konnten bisher nicht nachgeahmt werden. Insbesondere wurde noch kein Verfahren gefunden, das die Umwandlung von organischem Material, insbesondere von organischem Material pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, in feste oder flüssige Brennstoffe unter Normaldruck und ohne Einschaltung von reduktiven oder oxidativen Prozessen ermöglicht hätte.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Gewinnung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen bereitzustellen, das nicht auf fossile Energieträger angewiesen ist sondern die Umwandlung von Biomassen mikrobiellen, pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, von organisches Material enthaltenen Sedimenten oder Müll bei normalem Druck und ohne Einschaltung von Reduktions- und Oxidationsprozessen gestattet.

Überraschenderweise wurde jetzt ein Verfahren gefunden, das die vorbezeichnete Aufgabe löst.

Die Erfindung betrifft deshalb ein Verfahren zur Gewinnung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen aus organischem Material in körniger bzw. pulveriger Form unter Anwendung erhöhter Temperatur und unter Luftausschluss, wobei man die beim Erhitzen entweichenden Gase und Dämpfe durch geeignete Gas- und Flüssigkeits-Abscheider leitet, die Konvertierungstemperatur beibehält bis die Gas- und Dampfentwicklung im wesentlichen beendet ist und den festen Konvertierungsrückstand und die abgeschiedenen Gase und Flüssigkeiten isoliert, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man als organisches Material Kohlenhydrate, Lipide, Proteine, Pflanzen-, Bakterien-, Algenmassen, Frischschlamm, Klär-

schlamm oder Faulschlamm aus Anlagen zur Abwasserreinigung oder die organischen Bestandteile von Haus- oder Industriemüll verwendet, und dieses Material mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 30 °C pro Minute auf eine Konvertierungstemperatur von 200 bis 400 °C erhitzt.

Es ist vorteilhaft, dem organischen Ausgangsmaterial vor dem Erhitzen einen Konvertierungskatalysator zuzumischen. Als Katalysator kann man Aluminiumoxid, ein Aluminiumsalz, Phosphorsäure, Phosphat, Borat, Silicagel, Silikate, Aluminiumsilikat oder ein Oxid eines Übergangsmetalle, bzw. ein Gemisch dieser Katalysatoren verwenden. Als Oxid eines Übergangsmetalle verwendet man vorzugsweise ein Ti-, V-, Cr-, Mn-, Fe-, Co-, Ni-, Cu- oder Zn-Oxid, bzw. ein Gemisch dieser Oxide oder ein Gemisch mindestens eines dieser Oxide mit mindestens einer der vorher genannten Verbindungen. Gut bewährt haben sich Aluminiumoxid, Montmorillonit, Mischkatalysatoren aus Aluminiumoxid/Kupferoxid, Aluminiumoxid/Vanadinpentoxid und Aluminiumoxid/Nickeloxid.

Die Konvertierungstemperatur liegt vorzugsweise im Bereich von 250 bis 350 °C, noch stärker bevorzugt ist der Bereich von 280 bis 330 °C, eine Temperatur von etwa 300 °C ist am stärksten bevorzugt.

Es ist vorteilhaft, das organische Ausgangsmaterial mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 20 °C pro Minute auf Konvertierungstemperatur aufzuheizen.

Der Katalysatoranteil beträgt im allgemeinen 0,01 bis 10 Gew.-% vorzugsweise 0,1 bis 6 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des eingesetzten organischen Materialies.

Wenn das Ausgangsmaterial überwiegend aus Cellulose und Kohlehydraten besteht, z.B. pflanzlichen Ursprungs ist, so erhält man Kohle als Hauptprodukt. Besteht das Ausgangsmaterial hauptsächlich aus Proteinen und Lipiden, z.B. aus einer Biomasse auf der Basis von Mikroorganismen, so besteht das Konvertierungsprodukt hauptsächlich aus Ölen und Kohlenwasserstoffen. Insgesamt werden nach dem erfindungsgemässen Verfahren die eingesetzten Materialien zu 70 bis 90% des ursprünglich vorhandenen Kohlenstoffs in Kohle und Öl umgewandelt. Der restliche Kohlenstoff tritt gasförmig als Gemisch von CO₂, CO, CH₄ und niederen Kohlenwasserstoffen aus. Die Verbrennungswärme der erhaltenen Öle liegt je nach Ausgangsmaterial, Reaktionsbedingungen und Katalysator zwischen 29 308 und 41 868 kJ (7000–10 000 kcal/kg). Die Verbrennungswärme der gebildeten Kohle liegt zwischen 12 560 und 33 494 kJ (3000–8000 kcal/kg), in Abhängigkeit von der Menge der in der Kohle vorhandenen anorganischen Rückstände. Die erhaltenen Öle sind frei von anorganischen Rückständen und relativ schwefelarm (0,05 bis 1,0% S). Sie können in dieser Hinsicht mit den besten Erdölen verglichen werden, die Schwefelgehalte von 0,3 bis 6% aufweisen.

Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich besonders zur Aufarbeitung und Umwandlung von

Klärschlamm und Faulschlamm, wie er in Anlagen zur biologischen Abwasserreinigung entsteht. Dieser Schlamm wird meist in Filterpressen oder Zentrifugen mechanisch entwässert bis auf einen Wassergehalt von etwa 40 bis 60%. Dieser Wasseranteil wird entweder durch Trocknung an der Luft oder durch Erhitzen noch wesentlich reduziert, so dass man ein trockenes, festes Schüttgut in pulveriger oder körniger Form erhält. Dieses Material wird in das erfindungsgemässe Verfahren eingesetzt. Man heizt langsam unter Luftausschluss auf, dabei verdampft zuerst das restliche Wasser, welches kondensiert und aufgefangen wird. Bei etwa 180 bis 200 °C beginnt die Eliminierung der Hetero-Funktionen, die ab 250 °C stark zunimmt und ab 320 °C wieder langsam abnimmt. Dabei entstehen Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Ammoniak, Salzsäure, Schwefelwasserstoff und niedere Kohlenwasserstoffe, vom Methan bis zum Hexan. Ammoniak, Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff und ein Teil des Kohlendioxids kondensieren zusammen mit dem Wasser in ungefährlicher Form als Ammoniumsalze und werden so aus der Gasphase entfernt. Die austretenden Gase sind daher frei von basischen Substanzen und enthalten als Hauptkomponenten CO₂, CO, CH₄ und niedere Kohlenwasserstoffe. Aus einem kg Klärschlamm erhält man etwa 5 Liter Gas mit einem Brennwert von 18 600 kJ/m³.

Da bei der erfindungsgemässen Niedrigtemperatur-Konvertierung – im Gegensatz zur Pyrolyse – im wesentlichen keine C-C-Bindungen gespalten werden, ist der geringe Gasanteil verständlich. Während des Konvertierungsprozesses dient dieses Gas als Schutzgas, welches den Zutritt der Luftatmosphäre verhindert.

Die bei der Konvertierung entstehenden höheren Kohlenwasserstoffe und Öle entweichen als Gase bzw. Dämpfe aus dem Reaktionsgefäss. Sie werden meist gemeinsam kondensiert und später raffiniert. Gegenüber dem Erdöl hat das so gewonnene Konvertierungsöl den Vorteil, dass es keine schwer verwertbaren Asphalte und Teere enthält. Es ist quantitativ verdampfbar, was für die Weiterverarbeitung, insbesondere bei Crack-Prozessen zur Benzingerinnung, von Vorteil ist. Analytische Untersuchungen des erfindungsgemäss gewonnenen Konvertierungsöles haben ausserdem gezeigt, dass der Anteil an unverzweigten Kohlenwasserstoffen und Fettsäuren bis zu 50% betragen kann. Die Fettsäure-Fraktion lässt sich aus dem Öl einfach entfernen, sie ist ein wertvoller industrieller Ausgangsstoff, dessen Preis zur Zeit wesentlich höher liegt als der von Erdöl. Das gleiche gilt für die unverzweigten Kohlenwasserstoffe. Falls gewünscht, können die Fettsäuren aber auch auf bekannte Weise in Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden.

Da bei der Konvertierung von Klärschlamm die darin enthaltenen Kohlenstoffverbindungen zum grösseren Teil in Öl umgewandelt werden, ist der am Ende des Konvertierungsprozesses anfallende Rückstand relativ kohlenstoffarm. Er kann aber trotzdem direkt verbrannt werden, wenn die üblichen Sicherheitsmassnahmen in Bezug auf even-

tuell vorhandene Schwermetalle, insbesondere Quecksilber und Cadmium, eingehalten werden.

Der Schwefel- und Stickstoffgehalt des Kohlerückstandes ist relativ gering, die Kohle kann daher auch aufhydriert werden oder zur Erzeugung von Wassergas verwendet werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren wird vorteilhafterweise kontinuierlich durchgeführt, indem man das trockene Ausgangsmaterial, z.B. den getrockneten Klärschlamm, körnig oder als Pulver kontinuierlich, z.B. mit Hilfe einer Förderschnecke, durch ein beheiztes Reaktionsrohr befördert.

Der Konvertierungsprozess ist meist nach 2 bis 3 Stunden beendet.

Wenn Klärschlamm in die Konvertierung eingesetzt wird, ist eine Zugabe von Katalysatormaterial meist überflüssig, da die im Klärschlamm vorhandenen anorganischen Bestandteile meist ausreichende Mengen an Silikaten, Aluminiumverbindungen und Übergangsmetalle enthalten. Die grosstechnische Konvertierung dieses Materials wird dadurch wesentlich erleichtert.

Die nachfolgenden Beispiele dienen zur weiteren Erläuterung der Erfindung.

Beispiel 1

100 g Albumin werden 3 Stunden lang unter Luftausschluss auf 230 °C erhitzt. Es werden 30 g Öl und 42 g festes, kohleartiges Produkt erhalten.

Öl: C 70.5%; H 12.1%; Verbrennungswärme 31 401 kJ/kg

Kohlerückstand C 79%; Verbrennungswärme 34 332 kJ/kg.

Beispiel 2

100 g getrockneter Klärschlamm (C 44%; H 6,66%; N 8,39%, 20% Rückstand) werden bei 320 °C 2,5 Stunden unter Luftausschluss erhitzt. Es werden 35 g Öl und 41 g festes, kohlehaltiges Produkt erhalten.

Öl: C 66.1%; H 8.4%; N 7.5%; S 0.32%. Verbrennungswärme 29 726 kJ/kg.

Kohlerückstand: 35.39% C; 1.7% H; 5,76% N.

Rückstand: 49.85%; Verbrennungswärme 12 980 kJ/kg.

Beispiel 3

100 g getrockneter Klärschlamm werden mit 5 g Al₂O₃ und 0,1 g CuO vermischt und 3 Stunden auf 300 °C unter Luftausschluss erhitzt. Es werden 42 g Öl und 39 g kohlehaltiges Festprodukt erhalten.

Öl: C 75,9%; H 10,2%; N 2,08%; S 0,05%; Verbrennungswärme: 37 263 kJ/kg.

Kohlehaltiger Rückstand: C 40,1%; H 1,8%; N 4,8%; S 1,26%;

Rückstand 42,5%; Verbrennungswärme 15 073 kJ/kg.

Beispiel 4

100 g getrocknete Bakterienmasse (*Streptomyces species*) werden mit 5 g wasserfreiem Montmorillonit 2 Stunden auf 350 °C unter Luftausschluss erhitzt. Es werden 47 g Öl und 34 g fester kohlehaltiger Rückstand erhalten.

Öl: C 62%; H 12.5%; N 3.2%; S 0.3%; Verbrennungswärme 32 657 kJ/kg.

Kohlehaltiger Rückstand: C 52%; H 1.5%; N 3.2%; S 0.5%;

Rückstand 30.7%, Verbrennungswärme 21 353 kJ/kg.

Beispiel 5

100 g getrockneter Klärschlamm werden mit 1 g Al_2O_3 und 0,01 g V_2O_5 vermischt und auf 400 °C unter Luftausschluss 3 Stunden lang erhitzt. Es werden 33 g Öl und 59 g Rückstand erhalten.

Öl: C 75.2%; H 11.2%; N 5.06%; S 0.15%.

Kohlehaltiger Rückstand: C 37.2%; H 1.6%; Rückstand 47.2%.

Anstelle von V_2O_5 können auch 0,1 g NiO zugegeben werden.

Beispiel 6

100 g Klärschlamm werden mit 1 g Al_2O_3 vermischt und 2 Stunden auf 280 °C erhitzt. Es werden 29 g Öl und 51 g festes, kohlehaltiges Produkt erhalten.

Öl: C 70.2%; H 10.1%; N 6.1%; S 0.4%; Verbrennungswärme 29 098 kJ/kg.

Kohlehaltiger Rückstand: C 38.9%; H 3.3%; N 6.4%; S 1.4%.

Rückstand 42.1%.

Beispiel 7

100 g Cellulose werden unter Luftausschluss 3 Stunden bei 250 °C erhitzt. Es werden 5 g Öl und 50 g kohlehaltiger Rückstand erhalten.

Kohlehaltiger Rückstand: C 80.5%; H 2.4%; Verbrennungswärme 29 726 kJ/kg.

Beispiel 8

100 g Stärke werden mit 5 g Al_2O_3 unter Luftausschluss 3 Stunden lang auf 210 °C erhitzt. Ausbeute 52 g kohlehaltiger Rückstand und 4 g Öl.

Kohlehaltiger Rückstand: C 78.8%; H 3.2%; Verbrennungswärme 29 308 kJ/kg.

Beispiel 9

100 g feinvermahlener, getrockneter Hausmüll werden mit 1 g Al_2O_3 und 0,1 g CuO vermischt und 4 Stunden unter Luftausschluss auf 360 °C erhitzt. Es werden 20 g Öl und 51 g kohlehaltiger Rückstand erhalten.

Öl: C 71.2%; H 11.3%; N 1.0%; S 0.3%.

Kohlehaltiger Rückstand: C 43.4%; H 3.75%, N 1.5%; S 0.7%;

Rückstand 37.0%.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen aus organischem Material in körniger bzw. pulveriger Form unter Anwendung erhöhter Temperatur, und unter Luftausschluss, wobei man die beim Erhitzen entweichenden Gase und Dämpfe durch geeignete Gas- und Flüssigkeits-Abscheider leitet, die Konvertierungstemperatur beibehält bis die Gas- und Dampfentwicklung im wesentlichen beendet ist

und den festen Konvertierungsrückstand und die abgeschiedenen Gase und Flüssigkeiten isoliert, dadurch gekennzeichnet, dass man als organisches Material Kohlenhydrate, Lipide, Proteine, Pflanzen-, Bakterien-, Algenmassen; Frischschlamm, Klärschlamm oder Faulschlamm aus Anlagen zur Abwasserreinigung oder die organischen Bestandteile von Haus- oder Industriemüll verwendet, und dieses Material mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 30 °C pro Minute auf eine Konvertierungstemperatur von 200 bis 400 °C erhitzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man dem organischen Material vor dem Erhitzen einen Konvertierungskatalysator zumischt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass man als Katalysator Aluminiumoxid, ein Aluminiumsalz, Phosphorsäure, ein Phosphat, ein Borat, Silicagel, ein Silikat, ein Aluminiumsilikat oder ein Oxid eines Übergangsmetalle, bzw. ein Gemisch dieser Katalysatoren, verwendet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass man als Oxid eines Übergangsmetalle ein Ti-, V-, Cr-, Mn-, Fe-, Co-, Ni-, Cu- oder Zn-oxid bzw. ein Gemisch dieser Oxide oder ein Gemisch mindestens eines dieser Oxide mit mindestens einer der in Anspruch 3 genannten Verbindungen verwendet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass man als Katalysator Al_2O_3 , Montmorillonit, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CuO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{V}_2\text{O}_5$ oder $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{NiO}$ verwendet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Konvertierungstemperatur von 250 bis 350 °C anwendet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Konvertierungstemperatur von 280–330 °C anwendet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Konvertierungstemperatur von etwa 300 °C anwendet.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass man das organische Material mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 20 °C pro Minute auf Konvertierungstemperatur aufheizt.

Claims

1. A process for producing solid, liquid and gaseous fuels from organic material in granular or powder form at elevated temperatures and under exclusion of air, whereby the gases and vapors escaping during the heating are conducted through suitable gas and liquid separators, the conversion temperature is maintained until the development of gases and vapors has substantially ceased and the solid conversion residue and the separated gases and liquids are isolated, characterized in that carbohydrates, lipides, proteines; vegetable, bacteriae, algae masses; fresh sludge, sewage sludge and fermentation sludge

from waste water purifying plants or the organic components of private or industrial garbage are used as organic material and that this material is heated at a rate of 5 to 30°C per minute up to a conversion temperature of 200 to 400°C.

2. The process of claim 1, characterized in that a conversion catalyst is admixed to the organic starting material before heating.

3. The process of claim 2, characterized in that as a catalyst aluminum oxide, an aluminum salt, phosphoric acid, a phosphate, a borate, silica gel, a silicate, an aluminum silicate or an oxide of a transition metal or a mixture of these catalysts is used.

4. The process of claim 3, characterized in that as an oxide of a transition metal a Ti-, V-, Cr-, Mn-, Fe-, Co-, Ni-, Cu- or Zn-oxide or a mixture of these oxides or a mixture of at least one of these oxides together with at least one of the compounds mentioned in claim 3 is used.

5. The process of anyone of claims 2, 3 or 4, characterized in that as a catalyst Al_2O_3 , montmorillonite, $Al_2O_3 + CuO$, $Al_2O_3 + V_2O_5$ or $Al_2O_3 + NiO$ is used.

6. The process of anyone of the preceding claims, characterized in that a conversion temperature of 250 to 350°C is applied.

7. The process of claim 6, characterized in that a conversion temperature of 280–330°C is applied.

8. The process of claim 7, characterized in that a conversion temperature of about 300°C is applied.

9. The process according to anyone of the preceding claims, characterized in that the organic material is heated at a rate of 10 to 20°C per minute up to the conversion temperature.

Revendications

1. Procédé pour récupérer des combustibles gazeux, solides et liquides d'un matériau organique sous forme granuleuse ou pulvérulente en utilisant une température élevée et à l'exclusion de l'air, dans lequel on conduit à travers un séparateur de gaz et de liquide approprié, les gaz et les vapeurs s'échappant lors du chauffage, l'on maintient la température de conversion jusqu'à ce

que le développement de gaz et de vapeur soit sensiblement terminé, l'on isole le résidu solide de conversion et les gaz et liquides séparés, caractérisé par le fait que l'on utilise en tant que matériau organique des carbohydrates, des lipides, des protéines, des masses de plantes de bactéries et d'algues, des boues fraîches, des boues claires ou des boues putréfiées provenant d'installations d'épuration d'eaux usées ou les composants organiques de déchets ménagers ou industriels et que l'on chauffe ce matériau à une vitesse de 5 à 30°C par minute à une température de conversion de 200 à 400°C.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on mélange au matériau organique avant le chauffage un catalyseur de conversion.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'on utilise en tant que catalyseur de l'oxyde d'aluminium, un sel d'aluminium, de l'acide phosphorique, un phosphate, un borate, un gel de silice, un silicate, un silicate d'aluminium ou un oxyde d'un métal de transition ou mélange de ces catalyseurs.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'on utilise en tant qu'oxyde d'un métal de transition, un oxyde de Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ou Zn ou un mélange de ces oxydes ou un mélange d'au moins un de ces oxydes avec au moins un des composés cités dans la revendication 3.

5. Procédé selon l'une des revendications 2, 3, ou 4, caractérisé par le fait que l'on utilise en tant que catalyseur Al_2O_3 , de la montmorillonite, $Al_2O_3 + CuO$, $Al_2O_3 + V_2O_5$ ou $Al_2O_3 + NiO$.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise une température de conversion de 250 à 350°C.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé par le fait que l'on utilise une température de conversion de 280–330°C.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que l'on utilise une température de conversion d'environ 300°C.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on chauffe le matériau organique avec une vitesse de 10 à 20°C par minute à la température de conversion.

50

55

60

65

5