

19



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU600028

<https://patent.public.lu/fo-eregister-view/>

12

## BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU600028

51

Int. Cl.:  
C04B 2/00, B09B 1/00, C22B 1/00

22

Date de dépôt: 26/12/2024

30

Priorité:  
26/02/2024 CN 202410208094.5

43

Date de mise à disposition du public: 26/06/2025

47

Date de délivrance: 26/06/2025

DX

Date d'expiration: 26/12/2030

85

Date d'entrée en phase nationale:

86

N° de dépôt de la demande internationale:

73

Titulaire(s):  
YANCHENG YOUPU ENVIRONMENTAL PROTECTION  
TECHNOLOGY CO., LTD. – Yancheng City (China)

72

Inventeur(s):  
HOU Jiaojiao – (China), SUN Changchun – (China)

74

Mandataire(s):  
IP SHIELD – 1616 Luxembourg (Luxemburg)

54

**Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche sowie deren Herstellungsverfahren und Anwendung.**

57

Diese Anwendung stellt eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche sowie deren Herstellungsverfahren und Anwendung zur Verfügung, die zum technischen Bereich der Ressourcenverwertung von festen und gefährlichen Abfällen gehört, und die feste Abfallkapsel dieser Anwendung wird hauptsächlich für die Synthese von Geliermaterialien auf Flugaschebasis bei der Ressourcenverwertung von Hausmüllverbrennungs-Flugasche verwendet. Die feste Abfallkapsel hydratisiert, um ein vernetztes Polymer im Hydratationsprozess der alkalisch angeregten Zubereitung von Geliermitteln auf Flugaschenbasis zu erzeugen. Die löslichen Chloridsalze und Schwermetalle in dem auf Flugasche basierenden Geliermaterial interagieren mit dem C-(A)-S-H-Gel und dem C-N/K-S-H-Gel in dem vernetzten Polymer, das durch mehrmalige Hydratation in alkalischer Umgebung gebildet wird, um einen stabileren Niederschlag zu bilden, der an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur der festen Abfallkapsel haftet. Die feste Abfallkapsel der vorliegenden Anwendung hat eine starke zielgerichtete chemische Bindungskapazität für Schwermetalle und Chloridionen, so dass die Schwermetalle und Chloridionen an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur, die durch die feste Abfallkapsel gebildet wird, adsorbiert werden können, um den Effekt der Verhinderung der Auslaugung von Schwermetallen und Chloridionen aus der Flugasche und der Verringerung des Umweltrisikos zu erzielen und gleichzeitig die Stabilität des auf Flugasche basierenden Geliermittels selbst zu verbessern.

## **Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche sowie deren Herstellungsverfahren und Anwendung**

### **Technischer Bereich**

Die vorliegende Anmeldung gehört zum technischen Gebiet der Verwertung von festen und gefährlichen Abfällen und betrifft insbesondere eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche sowie deren Herstellungsverfahren und Anwendung.

### **Technologie im Hintergrund**

Vor dem Hintergrund des zunehmenden Anstiegs der Hausmüllproduktion enthalten die Nebenprodukte der Verbrennung eine große Menge an Flugasche (IFA), die als gefährlicher Abfall HW18 eingestuft wird. Zu den derzeit üblichen Methoden zur Behandlung und Verwertung von Flugasche gehören vor allem die Flugaschehärtung, die Ressourcennutzung und die Tiefenbehandlung, wie z. B. die Zement-/Chemikalienhärtung, die Zementofenmitverbrennung und chemische Extraktions- und Abscheidetechniken. In Anbetracht der gefährlichen Eigenschaften von Flugasche, die mit wasserlöslichen Salzen, verschiedenen Schwermetallen, Dioxinen und anderen Schadstoffen angereichert ist, sind die strukturellen, ursächlichen und trendbedingten Probleme noch nicht grundlegend gelöst, was zu zahlreichen Einschränkungen bei den Technologien und Wegen zur Behandlung, Entsorgung und Nutzung von Ressourcen führt.

Aufgrund der besonderen physikalisch-chemischen Eigenschaften (Si/Al 8-12 Prozent, Ca 30-50 Prozent) und der Kristallstruktur von Flugasche wurde festgestellt, dass die Entwicklung der Technologie für alkalisch angeregte zementartige Materialien auf der Grundlage von Flugasche durch die Optimierung des Feststoffabfallanteils, der Aktivatordosierung, des Aushärtungsprozesses und anderer Parameter erreicht werden kann. Der sinnvolle Einsatz von Flugasche zur Herstellung alkalisch angeregter zementartiger Materialien stößt immer noch auf einige technische und rechtliche Hindernisse: große Unterschiede bei den mineralischen Bestandteilen, schwankende chemische Eigenschaften, hohe Porosität des Aushärtekörpers, das Fehlen geeigneter Zusatzstoffe, die unter Einwirkung der äußeren Umgebung leicht toxische Stoffe ausfallen lassen und eine sekundäre Umweltverschmutzung verursachen. Daher ist die Frage, wie sichergestellt werden kann, dass Schwermetalle und lösliche Chloridsalze in verschiedenen Entsorgungsumgebungen in einem langfristig stabilen Aushärtungszustand sind, zu einer großen Herausforderung im Forschungsprozess geworden, um die Ressourcennutzung von Flugasche in Synergie mit anderen Abfällen zu erreichen.

### **Inhalt der Erfindung**

Ziel der vorliegenden Anmeldung ist es, eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche sowie ein Verfahren zu deren Herstellung und Anwendung bereitzustellen, um die Auslaugung von Schwermetallen und Chloridionen aus der Flugasche zu verhindern, das Umweltrisiko zu verringern und auch die Stabilität des auf Flugasche basierenden Geliermaterials selbst erheblich zu verbessern, was eine notwendige Verbesserung der ressourcenschonenden Nutzung der Flugasche darstellt.

Um den oben genannten Zweck zu erreichen, wird in einem ersten Aspekt der vorliegenden Anmeldung ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche bereitgestellt, das die folgenden Schritte umfasst:

Herstellen einer kolloidalen Lösung, die Pt-Nanopartikel und TiO<sub>2</sub>-Nanopartikel enthält, Gefriertrocknen der kolloidalen Lösung, um ein Pt/TiO<sub>2</sub>-Gefrieraerogelmaterial zu erhalten;

Rühren und Mischen der Lösung, die Chlorplatinsäure und g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> enthält, und Gewinnen des Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokompositmaterials nach dem Waschen und Trocknen;

Eine erste gemischte Lösung, die N-Isopropylacrylamid, N, N'-Methylenbisacrylamid und Poly-N, N-2-Methylacrylamid enthielt, wurde hergestellt, und eine zweite gemischte Lösung, die Persulfat und N-Allylthioharnstoff enthielt, wurde zu der ersten gemischten Lösung hinzugefügt. Nach dem Mischen wurde die Fest-Flüssig-Trennung durchgeführt und 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-Dihydrochlorid und Wasser wurden dem abgetrennten festen Produkt zugesetzt, das gereinigt und gefriergetrocknet wurde, um PNCH-Nanokomposithydrogel zu erhalten;

Hinzufügen des Pt/TiO<sub>2</sub>-Kryo-Aerogel-Materials, der Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite, des PNCH-Nanokomposit-Hydrogels und von Tetramethylethyldiamin zu einer Lösung, die Acrylamid, Bisacrylamid und einen Initiator enthält, um ein gemischtes System zu erhalten, und Ausführen einer Härtungsreaktion des gemischten Systems, um PNCH-Pt/TiO<sub>2</sub>-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite zu erhalten.

Ferner beträgt das Massenverhältnis des Acrylamids, des Bisacrylamids, des gefrorenen Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterials, der Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokomposite und des PNCH-Nanokomposit-Hydrogels in dem Hybridsystem 10-15:0,8:5-8:10-15:12-15. Der Initiator wird in einer Menge von 3-8% der Masse des gemischten Systems zugegeben und das Tetramethylethyldiamin wird in einer Menge von 20-25% der Masse des gemischten Systems zugegeben.

Ferner gelten für die Aushärtungsreaktion folgende Bedingungen: Gefriertemperatur 0 °C in einer Flüssigstickstoffatmosphäre, Aushärtungszeit 2-4 h.

Ferner beträgt in der Lösung, die Chlorplatinsäure und g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> enthält, das Massenverhältnis der Chlorplatinsäure und des g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 4:15-20.

Ferner hat die kolloidale Lösung einen Massenanteil von 16,5-17,5 % an den Pt-Nanopartikeln und einen Massenanteil von 16-18 % an den TiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln.

Ferner ist der Initiator Persulfat.

Ferner beträgt in der ersten gemischten Lösung das Massenverhältnis des N-Isopropylacrylamids, des N,N'-Methylenbisacrylamids und des Poly-N,N-2-methacrylamids 18-20:1:15-16 und die Konzentration des N-Isopropylacrylamids 85-95%; In der zweiten gemischten Lösung ist das Massenverhältnis des Persulfats zu dem N-Allylthioharnstoff 3:3-5, das Massenverhältnis des N-Isopropylacrylamids zu dem N-Allylthioharnstoff ist 41:150-160; und das Massenverhältnis des 2,2-Azobis(2-methylpropylimiden)dihydrochlorids zu dem N-Allylthioharnstoff ist 41:900-950.

In einem zweiten Aspekt der vorliegenden Anwendung wird eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche bereitgestellt, die durch das in einem der vorstehenden Punkte beschriebene Herstellungsverfahren erhalten wird.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Anwendung betrifft die Verwendung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche bei der Herstellung eines Geliermaterials auf Flugaschenbasis, wobei die feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche mit einem Massenverhältnis von 0,5 bis 3,0 % zu dem Geliermaterial auf Flugaschenbasis zugegeben wird. Vorzugsweise wird die feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche in einer Menge von 1,25% zugesetzt.

Ferner umfasst das Geliermaterial auf Flugaschebasis die folgenden Komponenten in Gewichtsprozent: 50-65 Anteile Flugasche für die Hausmüllverbrennung, 8-12 Anteile Ofenbodenschlacke, 20-25 Anteile Schlacke, 1-5 Anteile Phosphogips, 3-9 Anteile Alkalierreger, und 1-3 Anteile CaCl<sub>2</sub>. Vorzugsweise beträgt der Anteil der Hausmüllverbrennungs-Flugasche 55%.

Ferner ist der Alkalireger mindestens eines von Natriumhydroxid, Natriumsilikat und Kaliumhydroxid. Weiterhin ist der Alkalireger Natriumhydroxid, Natriumsilikat und Kaliumhydroxid, und das Massenverhältnis von Natriumhydroxid, Natriumsilikat und Kaliumhydroxid ist 2:1:2.

Im Vergleich zum Stand der Technik hat die vorliegende Anmeldung die folgenden technischen Vorteile:

Eine in der vorliegenden Anmeldung hergestellte feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche gehört zu einem Nanopolymer mit einem dreidimensionalen vernetzten molekularen Netzwerk, das hauptsächlich durch kovalente oder nicht-kovalente Wechselwirkungen gebildet wird, einschließlich physikalischer Verschränkung, Wasserstoffbrückenbindung, hydrophober Wechselwirkung, supramolekularer Wechselwirkung, elektrostatischer Wechselwirkung und Ligandenwechselwirkung.

Eine in dieser Anwendung hergestellte feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche wird hauptsächlich für die Synthese von Geliermitteln auf Flugaschenbasis bei der Ressourcennutzung von Hausmüllverbrennungs-Flugasche verwendet. Die feste Abfallkapsel hydratisiert während des Hydratationsprozesses der alkalisch angeregten Zubereitung des auf Flugasche basierenden Geliermaterials das Geliermaterial, um ein vernetztes Polymer zu erzeugen, das es den löslichen Chloridsalzen und Schwermetallen in dem auf Flugasche basierenden Geliermaterial ermöglicht, mit dem C-(A)-S-H-Gel und dem C-N/K-S-H-Gel in dem vernetzten Polymer, das durch Hydratation gebildet wurde, viele Male in der alkalischen Umgebung zu interagieren. Dies erleichtert es den löslichen Chloridsalzen und Schwermetallionen, stabilere Ausfällungen zu bilden, die sich an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur der festen Abfallkapsel in chemisch-physikalischen Rollen festsetzen.

Eine in der vorliegenden Anwendung hergestellte feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche weist eine starke gezielte chemische Bindungskapazität für Schwermetalle und Chloridionen auf, die es ermöglicht, Schwermetalle und Chloridionen an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur der festen Abfallkapsel zu adsorbieren. Die in dieser Anwendung hergestellte feste Abfallkapsel weist eine starke Adhäsion und eine ausgezeichnete Kompatibilität mit der Grenzflächenorganisation zwischen dem vernetzten Polymer auf, das durch die Hydratation des Geliermaterials erzeugt wird, und erzielt den Effekt, die Auslaugung von Schwermetallen und Chloridionen aus der Flugasche zu verhindern und das Umweltrisiko zu verringern, und verbessert gleichzeitig die Stabilität des auf Flugasche basierenden Geliermaterials selbst erheblich, was eine notwendige Verbesserung bei der ressourcenschonenden Nutzung der Flugasche darstellt.

Eine in dieser Anwendung hergestellte feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche kann das derzeitige technische Problem, dass verfestigte gefährliche Abfälle wie Flugasche nicht ressourcenschonend verwertet werden können, wirksam lösen, so dass Hausmüllverbrennungs-Flugasche in großem Umfang unter Raumtemperaturbedingungen verwertet werden kann.

#### **Detaillierte Beschreibung**

Um die technischen Probleme, technischen Lösungen und vorteilhaften Wirkungen, die durch die vorliegende Anwendung gelöst werden sollen, klarer und verständlicher zu machen, wird die vorliegende Anwendung im Folgenden in Kombination mit Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es ist zu verstehen, dass die hierin beschriebenen spezifischen Ausführungsformen nur der Erläuterung der vorliegenden Anmeldung dienen und nicht dazu gedacht sind, die

vorliegende Anmeldung einzuschränken.

In dieser Anmeldung bezieht sich „mindestens eine“ auf eine oder mehrere und „mehr als eine“ auf zwei oder mehrere. „Mindestens eine (einer) der folgenden“ oder ähnliche Ausdrücke beziehen sich auf eine beliebige Kombination dieser Elemente, einschließlich einer beliebigen Kombination von einzelnen (einem) oder mehreren (einem) Elementen. Zum Beispiel kann „mindestens eines (von) a, b oder c“ oder „mindestens eines (von) a, b und c“ ausgedrückt werden als: a, b, c, a-b (d. h. a und b), a-c, b-c oder a-b-c. Dabei können a, b und c jeweils einfach oder mehrfach sein.

Die in den Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung verwendete Terminologie dient ausschließlich der Beschreibung einer bestimmten Ausführungsform und soll die vorliegende Anmeldung nicht einschränken. Die in diesem Beispiel und den beigefügten Ansprüchen verwendeten Singularformen von „ein“, „besagt“ und „der“ sollen auch die Mehrheitsform einschließen. Es sei denn, aus dem Kontext geht eindeutig etwas anderes hervor.

Die Gewichte der relevanten Komponenten, die in der Spezifikation der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung erwähnt werden, können sich nicht nur auf die spezifischen Inhalte der Komponenten beziehen, sondern auch das proportionale Verhältnis der Gewichte der Komponenten angeben, und daher ist jede Vergrößerung oder Verkleinerung der Inhalte der relevanten Komponenten in Übereinstimmung mit der Spezifikation der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung im Rahmen der Offenbarung der Spezifikation der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung. Insbesondere kann die in der Beschreibung der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung beschriebene Masse eine Masseneinheit wie  $\mu\text{g}$ , mg, g, kg und dergleichen sein, die auf dem Gebiet der Biochemie gut bekannt sind.

Die Begriffe „erste“ und „zweite“ werden nur zu beschreibenden Zwecken verwendet, um Zwecke wie Stoffe voneinander zu unterscheiden, und sind nicht so zu verstehen, dass sie eine relative Bedeutung angeben oder implizit die Anzahl der angegebenen technischen Merkmale spezifizieren. Beispielsweise kann, ohne vom Anwendungsbereich der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung abzuweichen, das erste XX auch als zweites XX bezeichnet werden, und in ähnlicher Weise kann das zweite XX auch als erstes XX bezeichnet werden. Somit kann das mit „erste“ und „zweite“ definierte Merkmal ausdrücklich oder stillschweigend ein oder mehrere solcher Merkmale umfassen.

Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche, ihr Herstellungsverfahren und die Anwendung der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung werden im Folgenden anhand einer Vielzahl spezifischer Ausführungsformen dargestellt.

### **Ausführungsform 1**

Ausführungsform 1 der vorliegenden Anmeldung sieht eine Feststoffkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche und ein Verfahren zu deren Herstellung vor, das die folgenden Schritte umfasst:

(1) Herstellung einer Pt-Nanopartikel enthaltenden Lösung: 0,02 g Platinchlorid ( $\text{PtCl}_4$ ) wird in 10 ml entionisiertem Wasser gelöst und gerührt, bis es gelöst ist, und auf 100 °C erhitzt und dann 1 Minute lang gekocht, um die Platinchloridlösung zu erhalten; 0,11 g Trinatriumcitrat und 7,6 g Natriumborhydrid (das Massenverhältnis von Trinatriumcitrat und Natriumborhydrid beträgt 11:760) werden zu der Platinchloridlösung gegeben. Die Lösung, die Pt-Nanopartikel (Pt NPs) enthält, wurde durch Erhitzen auf 80 °C und 10-minütiges Rühren erhalten.

(2) Die Pt-NP-Lösung wurde zu einer bestimmten Menge an  $\text{TiO}_2$ -Nanopartikellösung hinzugefügt, um eine kolloidale Pt/ $\text{TiO}_2$ -Lösung mit einem Pt-Massenanteil von 17 % zu erhalten.

Die kolloidale Lösung wurde 2 Stunden lang in einem Ultraschall-Flüssigkeitsapparat homogen gerührt und dann in flüssigen Stickstoff überführt, 10 Minuten lang schnell eingefroren, dann getrocknet und 48 Stunden lang in eine Vakuumumgebung gelegt, um das gefrorene Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial zu erhalten.

(3) An der Luft wurden 5 g Harnstoff mit Aluminiumfolie umwickelt und in einen Aluminiumoxid-Tiegel gegeben, dann in einen Muffelofen gegeben und auf 550 °C erhitzt und 2 Stunden lang unter dem Luftstrom kalziniert, um g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Pulvermaterial zu erhalten, das in 20 ml 10%iger Methanollösung gelöst wurde, um eine g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung zu erhalten.

(4) Mischen Sie eine Platinchloridlösung mit einem Massenanteil von 4 % und eine g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung mit einem Massenanteil von 13 % und rühren Sie 2 Stunden lang kräftig um. Anschließend wurde die Fest-Flüssig-Trennung durchgeführt, und die abgetrennten Feststoffe wurden mit Ethanollösung gewaschen und dann zum Trocknen für 12 Stunden in einen 50 °C-Elektroofen gelegt, um die Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite zu erhalten.

(5) 0,93 g N-Isopropylacrylamid (NIPAm) Monomer, 0,093 g N,N'-Methylenbisacrylamid (MBAA) und 1,0 g Poly-N,N-2-methacrylamid (PDMA) werden in 150 ml Wasser gelöst, um eine PNIPAm-Lösung zu erhalten; Nachdem 150 ml Wasser durch 30-minütiges Durchblasen mit N<sub>2</sub> desoxidiert worden waren, wurden 0,075 g Kaliumpersulfat (K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) und 0,10 g N-Allylthioharnstoff (ATU) aufgelöst, um eine gemischte Lösung zu erhalten. Die gemischte Lösung wurde dann in eine PNIPAm-Lösung überführt und 30 Minuten lang unter Stickstoffatmosphäre zur Reaktion gebracht. Anschließend wurde sie 20 Minuten lang in einer Hochgeschwindigkeitszentrifuge (1800 U/min) zentrifugiert. Nach Entfernen des Überstands wurden 0,041 g 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-dihydrochlorid (AAPH) und 150 ml entionisiertes Wasser hinzugefügt und dreimal unter den gleichen Bedingungen zentrifugiert, um die gereinigte PNCH-Lösung zu erhalten. Die gereinigte PNCH-Lösung wurde dann 48 Stunden lang gefriergetrocknet und in einen Exsikkator überführt, um das PNCH-Nanokomposit-Hydrogel zu erhalten.

(6) Acrylamid und Bisacrylamid wurden in einem Massenverhältnis von 19:1 gemischt, um eine Acrylamidlösung mit einer Acrylamidkonzentration von 0,156 g/ml zu bilden. Während des Mischens wurde Ammoniumpersulfatlösung mit einem Massenanteil von 10 % zugegeben, 5 Minuten lang entgast und nacheinander 5 g gefrorenes Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial, 2 g Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokomposit, 20 g PNCH-Nanokomposit-Hydrogel und 35 g Tetramethylethylendiamin unter Stickstoffatmosphäre zugegeben. Das gemischte System wurde in eine Form gegossen und 2 Stunden lang in einer Flüssigstickstoffatmosphäre bis zu einer Gefrieretemperatur von 0 °C ausgehärtet, um PNCH-Pt/TiO<sub>2</sub>-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite, d. h. eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche, zu erhalten.

### Ausführungsform 2

Ausführungsform 2 der vorliegenden Anmeldung sieht eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche und ein Verfahren zu ihrer Herstellung vor, das die folgenden Schritte umfasst:

(1) Herstellen einer Lösung, die Pt-Nanopartikel enthält: 0,02 g Platinchlorid (PtCl<sub>4</sub>) wird in 10 ml entionisiertem Wasser gelöst und gerührt, bis es gelöst ist, dann auf 100 °C erhitzt und anschließend 1 Minute lang gekocht, um eine Platinchloridlösung zu erhalten; 0,11 g Trinatriumcitrat und 7,6 g Natriumborhydrid (das Massenverhältnis von Trinatriumcitrat und Natriumborhydrid beträgt 11:760) zu der Platinchloridlösung geben und nach Erhitzen auf 90 °C 12 Minuten lang rühren, um die Lösung zu erhalten, die Pt-Nanopartikel (Pt NPs) enthält.

(2) Die Pt-NP-Lösung wurde zu einer bestimmten Menge an TiO<sub>2</sub>-Nanopartikellösung hinzugefügt, um eine kolloidale Pt/TiO<sub>2</sub>-Lösung mit einem Platin-Massenanteil von 17 % zu erhalten, wobei die TiO<sub>2</sub>-Nanopartikel einen Massenanteil von 18 % hatten. Die kolloidale Lösung wurde in einem Ultraschall-Flüssigkeitsapparat 1,5 Stunden lang homogen gerührt und dann in flüssigen Stickstoff überführt, 12 Minuten lang schnell eingefroren, dann getrocknet und 48 Stunden lang in einer Vakuumumgebung gelagert, um das gefrorene Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial zu erhalten.

(3) An der Luft wurden 5 g Harnstoff mit Aluminiumfolie umwickelt und in einen Aluminiumoxid-Tiegel gegeben, dann in einem Muffelofen auf 600 °C erhitzt und 2 h lang an der Luft kalziniert, um das g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Pulvermaterial zu erhalten, das in 20 ml 10%iger Methanollösung gelöst wurde, um die g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung zu erhalten.

(4) Die Platinchloridlösung mit einem Massenanteil von 4 % wurde mit der g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung mit einem Massenanteil von 13 % gemischt und 2 h lang kräftig gerührt. Danach wurde die Fest-Flüssig-Trennung durchgeführt, und die abgetrennten Feststoffe wurden mit Ethanollösung gewaschen und dann zum Trocknen für 12 h in einen 60 °C-Elektroofen gegeben. Die Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite wurden erhalten.

(5) PNIPAm-Lösung wurde durch Auflösen von 0,93 g N-Isopropylacrylamid (NIPAm)-Monomer, 0,093 g N, N'-Methylenbisacrylamid (MBAA) und 1,0 g PolyN, N-2-Methylacrylamid (PDMA) in 150 ml Wasser hergestellt; Nachdem 150 ml Wasser durch 30-minütiges Durchblasen mit N<sub>2</sub> desoxidiert worden waren, wurden 0,075 g Kaliumpersulfat (K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) und 0,10 g N-Allylthioharnstoff (ATU) aufgelöst, um eine gemischte Lösung zu erhalten. Die gemischte Lösung wurde dann in eine PNIPAm-Lösung überführt und 30 Minuten lang unter Stickstoffatmosphäre zur Reaktion gebracht. Anschließend wurde sie 20 Minuten lang in einer Hochgeschwindigkeitszentrifuge (1800 U/min) zentrifugiert. Nach Entfernen des Überstands wurden 0,041 g 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-dihydrochlorid (AAPH) und 150 ml entionisiertes Wasser hinzugefügt und dreimal unter den gleichen Bedingungen zentrifugiert, um die gereinigte PNCH-Lösung zu erhalten. Die gereinigte PNCH-Lösung wurde dann 48 Stunden lang gefriergetrocknet und in einen Exsikkator überführt, um das PNCH-Nanokomposit-Hydrogel zu erhalten.

(6) Acrylamid und Bisacrylamid wurden in einem Massenverhältnis von 19:1 gemischt, um eine Acrylamidlösung mit einer Acrylamidkonzentration von 0,156 g/ml zu bilden. Während des Mischens wurde Ammoniumpersulfatlösung mit einem Massenanteil von 10 % zugegeben, 5 Minuten lang entgast und nacheinander 5 g gefrorenes Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial, 2 g Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokomposit, 20 g PNCH-Nanokomposit-Hydrogel und 35 g Tetramethylethylendiamin unter Stickstoffatmosphäre zugegeben. Das gemischte System wurde in eine Form gegossen und 2 Stunden lang in einer Flüssigstickstoffatmosphäre bis zu einer Gefriertemperatur von 0 °C ausgehärtet, um PNCH-Pt/TiO<sub>2</sub>-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite, d. h. eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche, zu erhalten.

### Ausführungsform 3

Ausführungsform 3 der vorliegenden Anmeldung sieht eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche und ein Verfahren zu ihrer Herstellung vor, das die folgenden Schritte umfasst:

(1) Herstellen einer Lösung, die Pt-Nanopartikel enthält: 0,02 g Platinchlorid (PtCl<sub>4</sub>) wird in 10 ml entionisiertem Wasser gelöst und gerührt, bis es gelöst ist, dann auf 100 °C erhitzt und anschließend 1 Minute lang gekocht, um eine Platinchloridlösung zu erhalten; 0,11 g

Trinatriumcitrat und 7,6 g Natriumborhydrid (das Massenverhältnis von Trinatriumcitrat und Natriumborhydrid beträgt 11:760) werden der Platinchloridlösung zugegeben und nach 8-minütigem Erhitzen auf 100 °C gerührt, um eine Lösung zu erhalten, die Pt-Nanopartikel (Pt NPs) enthält.

(2) Die Pt-NP-Lösung wurde zu einer bestimmten Menge an TiO<sub>2</sub>-Nanopartikellösung hinzugefügt, um eine kolloidale Pt/TiO<sub>2</sub>-Lösung mit einem Platin-Massenanteil von 17 % zu erhalten, in der der Massenanteil an TiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln 18 % betrug. Die kolloidale Lösung wurde in einem Ultraschall-Flüssigkeitsgerät 2,5 Stunden lang gleichmäßig gerührt und dann in flüssigen Stickstoff überführt, 8 Minuten lang schnell eingefroren, dann getrocknet und 48 Stunden lang in eine Vakuumumgebung gelegt, um das gefrorene Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial zu erhalten.

(3) An der Luft wurden 5 g Harnstoff mit Aluminiumfolie umwickelt und in einen Aluminiumoxid-Tiegel gegeben, dann in einen Muffelofen gestellt, um die Temperatur auf 500 °C zu erhöhen, und unter dem Luftstrom 3 Stunden lang kalziniert, um g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Pulvermaterial zu erhalten, das in 20 ml 10%iger Methanollösung gelöst wurde, um eine g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung zu erhalten.

(4) Mischen Sie eine Platinchloridlösung mit einem Massenanteil von 4 % und eine g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Lösung mit einem Massenanteil von 13 % und rühren Sie 2 Stunden lang kräftig um. Anschließend wurde die Fest-Flüssig-Trennung durchgeführt, und die abgetrennten Feststoffe wurden mit Ethanollösung gewaschen und dann zum Trocknen für 12 Stunden in einen 60 °C-Elektroofen gelegt, um die Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite zu erhalten.

(5) 0,93 g N-Isopropylacrylamid (NIPAm) Monomer, 0,093 g N, N'-Methylenbisacrylamid (MBAA) und 1,0 g Poly-N, N-2-Methylacrylamid (PDMA) mit 150 ml Wasser auflösen, um eine PNIPAm-Lösung zu erhalten; Nachdem 150 ml Wasser durch 30-minütiges Durchblasen mit N<sub>2</sub> desoxidiert worden waren, wurden 0,075 g Kaliumpersulfat (K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) und 0,10 g N-Allylthioharnstoff (ATU) aufgelöst, um eine gemischte Lösung zu erhalten. Die gemischte Lösung wurde dann in eine PNIPAm-Lösung überführt und 30 Minuten lang unter Stickstoffatmosphäre zur Reaktion gebracht. Anschließend wurde sie 20 Minuten lang in einer Hochgeschwindigkeitszentrifuge (1800 U/min) zentrifugiert. Nach Entfernen des Überstands wurden 0,041 g 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-dihydrochlorid (AAPH) und 150 ml entionisiertes Wasser hinzugefügt und dreimal unter den gleichen Bedingungen zentrifugiert, um die gereinigte PNCH-Lösung zu erhalten. Die gereinigte PNCH-Lösung wurde dann 48 Stunden lang gefriergetrocknet und in einen Exsikkator überführt, um das PNCH-Nanokomposithydrogel zu erhalten.

(6) Acrylamid und Bisacrylamid wurden in einem Massenverhältnis von 19:1 gemischt, um eine Acrylamidlösung mit einer Acrylamidkonzentration von 0,156 g/ml zu bilden, und eine Ammoniumpersulfatlösung mit einem Massenanteil von 10 % wurde unter Rühren hinzugefügt. Die Entgasung wurde 5 Minuten lang durchgeführt und 5 g gefrorenes Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial, 2 g Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokomposite, 20 g PNCH-Nanokomposit-Hydrogel und 35 g Tetramethylethylendiamin wurden nacheinander in einer Stickstoffatmosphäre hinzugefügt. Das gemischte System wurde in eine Form gegossen und 2 Stunden lang in einer Flüssigstickstoffatmosphäre bis zu einer Gefriertemperatur von 0 °C ausgehärtet, um PNCH-Pt/TiO<sub>2</sub>-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite zu erhalten, d. h. eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungsflugasche.

### Anwendungsbeispiel

Die in Ausführungsform 1 hergestellte Feststoffkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche wurde dem Geliermittel auf Flugaschenbasis in einem Massenverhältnis von 1,25 % zugesetzt,



und das Geliermittel auf Flugaschenbasis bestand aus den folgenden Bestandteilen (die Gesamtzahl der Teile war 100 Teile in der Berechnung): 55 Teile Hausmüllverbrennungsflugasche, 11 Teile Ofenbodenschlacke, 23 Teile Schlacke, 5 Teile Phosphorgips, 2 Teile NaOH, 2 Teile KOH, 1 Teil  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  und 1 Teil  $\text{CaCl}_2$ , wie in Tabelle 1 dargestellt.

5 Tabelle 1 Zusammensetzung der zementhaltigen Materialien auf Flugaschenbasis

Rohmaterial	Flugasche	Hochofenschlacke	Schlacke	Phosphorgips	NaOH	KOH	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	$\text{CaCl}_2$	Wasser - Zement-Verhältnis
Verhältnis	55%	11%	23%	5%	2%	2%	1%	1%	0.67

Die Bestandteile des Geliermittels auf Flugaschenbasis, Flugasche aus der Hausmüllverbrennung und feste Abfallkapseln wurden gemischt und 10-20 Minuten lang gründlich gerührt, gefolgt von 28 Tagen Wartung bei einer Temperatur von  $25 \pm 1$  °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $\geq 90$  % unter Standardwartungsbedingungen für die Aushärtung von löslichen Chloridionen und Schwermetallen. Zu den Schwermetallen gehören hauptsächlich Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Hg, As, Ni usw.

Die relevanten Eigenschaften der ausgehärteten zementären Materialien wurden unter Bezugnahme auf die Liniennorm „Standardprüfverfahren für grundlegende Eigenschaften von Baumörtel“ (JGJ/T70-2009) geprüft, wie in Tabelle 2 dargestellt.

15 Tabelle 2: Relevante Eigenschaften von zementhaltigen Materialien auf Flugaschenbasis

Indikator	Druckfestigkeit / MPa	Dichte $\text{g/cm}^3$	Verlust der Frost-Tau-Wechselbeständigkeit %	Wasseraufnahme %	Wasser-rückhaltevermögen %	Luftgehalt %	pH-Wert
Ergebnisse	24.56	8.528	15.55	32.64	92.6	2.9	8.86

Das ausgehärtete Gelmaterial wird durch Sickerwasser unter Bezugnahme auf die Norm „Feste Abfälle Auslaugung Toxizität Auslaugung Methode Schwefelsäure Salpetersäure Methode“ (HJ T 299-2007) gesammelt, in dem die Schwermetalle durch ICP-MS nachgewiesen werden, basierend auf der Norm „Bestimmung von 65 Elementen in Wasser mittels induktiv gekoppelter Plasmamassenspektrometrie“ (HJ 700-2014); Chlorid-Ionen wurden mit ICP-MS auf der Grundlage der Norm „Wasserqualität Bestimmung von Chlorid Silbernitrat-Titration“ (GB 11896-89) nachgewiesen, und die Testergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Nachweisergebnisse von Chloridionen und Schwermetallen in Auslaugungslösung

Element	Cl	Cd	Cr	Pb	Cu	Zn	Hg	As	Ni
1	0.72%	0.08%	0.03%	0.04%	0.01%	0.01%	0.005 %	0.04%	0.02%
2	0.63%	0.01%	0.05%	0.03%	0.01%	0.01%	0.007 %	0.05%	0.02%
3	0.21%	0.03%	0.03%	0.03%	0.01%	0.01%	0.006 %	0.03%	0.03%
Durchschnittliche	0.52%	0.04%	0.043 %	0.033 %	0.01%	0.01%	0.006 %	0.04%	0.023 %
Aushärtungsrate	99.48 %	99.96 %	99.96 %	99.97 %	99.99 %	99.99 %	99.99 %	99.96 %	99.98 %

Aus den Testergebnissen in Tabelle 3 geht hervor, dass die Aushärtungseffizienz von Chloridionen und Schwermetallen Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Hg, As und Ni 99,48%, 99,96%, 99,96%, 99,97%, 99,99%, 99,99%, 99,96% bzw. 99,98% beträgt. Dies deutet darauf hin, dass die durch die Ausführungsform der vorliegenden Anwendung hergestellte Aushärtungskapsel eine gute Aushärtungswirkung auf die Chloridionen und Schwermetalle in dem auf Flugasche basierenden Geliermaterial hat, eine Aushärtungsrate von mehr als 99,4 % erreicht und die Auflösung verhindert, während sie die pH-Stabilität gewährleistet.

#### Vergleichsverhältnis

Die feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche wurde dem auf Flugasche basierenden Geliermittel des obigen Anwendungsbeispiels nicht zugesetzt, und es wurde 28 Tage lang unter den gleichen Standard-Wartungsbedingungen aufrechterhalten, und der Gehalt an Chloridionen und Schwermetallen im Sickerwasser des aufrechterhaltenen Geliermittels wurde nachgewiesen, und die Ergebnisse des Nachweises sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse des Nachweises von Chloridionen und Schwermetallen im Sickerwasser

Element	Cl	Cd	Cr	Pb	Cu	Zn	Hg	As	Ni
1	1.59%	1.24%	0.81%	0.21%	1.61%	0.81%	0.023 %	4.63%	0.24%
2	2.34%	3.21%	0.65%	0.24%	0.71%	0.74%	0.011 %	2.58%	0.34%
3	1.95%	2.36%	0.63%	0.10%	0.29%	1.14%	0.014 %	2.30%	0.21%
Durchschnittliche	1.96%	2.27%	0.70%	0.18%	0.87%	0.90%	0.02%	3.17%	0.26%
Aushärtungsrate	98.04 %	97.73 %	99.30 %	99.82 %	99.13 %	99.10 %	99.98 %	96.83 %	99.74 %

Wie aus den Testergebnissen in Tabelle 4 hervorgeht, ist der Gehalt an Chloridionen und Schwermetallen im ausgehärteten Sickerwasser höher als in Tabelle 3, wenn die

Verfestigungskapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nicht zum Geliermaterial auf Flugaschebasis hinzugefügt wird. Dies zeigt, dass die durch die Ausführungsformen der vorliegenden Anwendung hergestellte Aushärtungskapsel eine gute Aushärtungswirkung auf die Chloridionen und Schwermetalle in dem auf Flugasche basierenden Kollodiummaterial hat und die Auslaugung von Schwermetallen und Chloridionen in der Flugasche wirksam hemmen und das Umweltrisiko verringern kann.

Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche, die durch eine Ausführungsform der vorliegenden Anwendung hergestellt wird, gehört zu einem Nanopolymer mit einem dreidimensionalen vernetzten molekularen Netzwerk. Das Netzwerk wird hauptsächlich durch kovalente oder nicht-kovalente Wechselwirkungen gebildet, darunter physikalische Verschränkung, Wasserstoffbrückenbindungen, hydrophobe Wechselwirkungen, supramolekulare Wechselwirkungen, elektrostatische Wechselwirkungen und Ligandenwechselwirkungen. Nach der Anwendung auf Geliermittel auf Flugaschebasis wurden die Geliermittel während des Hydratationsprozesses der alkalisch angeregten Zubereitung von Geliermitteln auf Flugaschebasis hydratisiert, um vernetzte Polymere zu erzeugen, wodurch die löslichen Chloridsalze und Schwermetalle in den Geliermitteln auf Flugaschebasis mit den C-(A)-S-H-Gelen und C-N/K-S-H-Gelen in den Geliermitteln, die durch Hydratation gebildet wurden, viele Male in der alkalischen Umgebung wechselwirken. Dies erleichtert es den löslichen Chloridsalzen und Schwermetallionen, stabilere Ausfällungen zu bilden, die sich an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur der festen Abfallkapsel in chemisch-physikalischen Rollen festsetzen.

Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche, die durch eine Ausführungsform der vorliegenden Anwendung hergestellt wird, wird hauptsächlich für die Synthese von Geliermaterialien auf Flugaschenbasis bei der Ressourcennutzung von Hausmüllverbrennungsflugasche verwendet, und die feste Abfallkapsel weist eine starke zielgerichtete chemische Bindungskapazität für Schwermetalle und Chloridionen auf, die es ermöglicht, dass die Schwermetalle und Chloridionen an der Oberfläche der dreidimensionalen Gitterstruktur der festen Abfallkapsel adsorbiert werden. Die durch die Ausführungsformen der vorliegenden Anwendung hergestellte feste Abfallkapsel weist eine starke Adhäsion und ausgezeichnete Kompatibilität mit der Grenzflächenorganisation zwischen ihr und dem durch die Hydratation des Geliermaterials erzeugten vernetzten Polymer auf und erzielt den Effekt, die Auslaugung von Schwermetallen und Chloridionen aus der Flugasche zu verhindern und das Umweltrisiko zu verringern, und verbessert gleichzeitig die Stabilität des Geliermaterials auf Flugaschenbasis selbst erheblich, was eine notwendige Verbesserung bei der ressourcenschonenden Nutzung von Flugasche darstellt. Es löst effektiv das derzeitige technische Problem, dass verfestigte gefährliche Abfälle wie Flugasche nicht ressourcenschonend verwertet werden können, und macht Flugasche aus der Hausmüllverbrennung unter Raumtemperaturbedingungen für den großtechnischen Einsatz verfügbar.

Die obigen Ausführungsformen drücken nur einige Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung aus, die spezifischer und detaillierter beschrieben werden, sind aber nicht als Einschränkung des Patentumfangs der vorliegenden Anmeldung zu verstehen. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass für eine Person mit gewöhnlichem Fachwissen auf dem Gebiet der Technik mehrere Abwandlungen und Verbesserungen vorgenommen werden können, ohne von der Konzeption der vorliegenden Anmeldung abzuweichen, die alle in den Schutzbereich der vorliegenden Anmeldung fallen. Der Schutzzumfang der Patentanmeldung richtet sich daher nach

den beigefügten Ansprüchen.

LU600028

## Ansprüche

LU600028

1. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche, dadurch gekennzeichnet, dass es die folgenden Schritte umfasst:

Herstellen einer kolloidalen Lösung, die Pt-Nanopartikel und TiO<sub>2</sub>-Nanopartikel enthält, Gefriertrocknen der kolloidalen Lösung, um ein gefrorenes Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterial zu erhalten;

Rühren und Mischen der Lösung, die Chlorplatinsäure und g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> enthält, Waschen und Trocknen, um ein Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokompositmaterial zu erhalten;

Eine erste gemischte Lösung, die N-Isopropylacrylamid, N, N'-Methylenbisacrylamid und PolyN, N-2-Methylacrylamid enthält, wurde hergestellt und eine zweite gemischte Lösung, die Persulfat und N-Allylthioharnstoff enthält, wurde zu der ersten gemischten Lösung hinzugefügt. Nach dem Mischen wurde die Fest-Flüssig-Trennung durchgeführt und 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-Dihydrochlorid und Wasser wurden dem abgetrennten festen Produkt zugesetzt, das gereinigt und gefriergetrocknet wurde, um PNCH-Nanokomposit-Hydrogel zu erhalten;

Hinzufügen des Pt/TiO<sub>2</sub>-Kryo-Aerogel-Materials, der Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite, des PNCH-Nanokomposit-Hydrogels und Tetramethylethylendiamin zu einer Lösung, die Acrylamid, Bisacrylamid und einen Initiator enthält, um ein gemischtes System zu erhalten, und Durchführen einer Härtungsreaktion des gemischten Systems, um PNCH-Pt/TiO<sub>2</sub>-g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Nanokomposite zu erhalten.

2. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Massenverhältnis des Acrylamids, des Bis-Acrylamids, des gefrorenen Pt/TiO<sub>2</sub>-Aerogelmaterials, des Pt/g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> NPs-Nanokomposits, des PNCH-Nanokomposit-Hydrogels, des PNCH-Nanokomposit-Hydrogels in dem gemischten System 10-15:0,8:5-8:10-15:12-15. Der Initiator wird in einer Menge von 3-8% der Masse des gemischten Systems zugegeben und das Tetramethylethylendiamin wird in einer Menge von 20-25% der Masse des gemischten Systems zugegeben.

3. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aushärtungsreaktion unter den folgenden Bedingungen durchgeführt wird: in einer Flüssigstickstoffatmosphäre bis zu einer Gefriertemperatur von 0 °C, mit einer Aushärtungszeit von 2-4 h.

4. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Lösung, die Chlorplatinsäure und g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> enthält, das Massenverhältnis der Chlorplatinsäure und des g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 4:15-20 beträgt.

5. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der kolloidalen Lösung der Massenanteil der Pt-Nanopartikel 16,5-17,5% und der Massenanteil der TiO<sub>2</sub>-Nanopartikel 16-18% beträgt.

6. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Initiator Persulfat ist.

7. Ein Verfahren zur Herstellung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Massenverhältnis des N-Isopropylacrylamids, des N,N'-Methylenbisacrylamids und des Poly-N,N-2-Methylacrylamids in der ersten Mischlösung 18-20:1:15-16 beträgt. Die Konzentration des N-Isopropylacrylamids beträgt 85-95%; das Massenverhältnis des Persulfats zu dem N-Allylthioharnstoff in der zweiten

gemischten Lösung beträgt 3:3-5, und das Massenverhältnis des N-Isopropylacrylamids zu dem N-Allylthioharnstoff beträgt 41:150-160; Das Massenverhältnis des 2,2-Azobis(2-methylpropylimid)-dihydrochlorids und des N-Allylthioharnstoffs ist 41:900-950. LU600028

5 8. Eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche, dadurch gekennzeichnet, dass sie durch das in einem der Ansprüche 1-7 beanspruchte Herstellungsverfahren erhalten wird.

9. Die Verwendung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche bei der Herstellung eines Geliermaterials auf Flugaschenbasis nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine feste Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche mit einem Massenverhältnis von 0,5 bis 3,0 % zu dem Geliermaterial auf Flugaschenbasis zugegeben wird.

10 10. Die Verwendung einer festen Abfallkapsel für Hausmüllverbrennungs-Flugasche bei der Herstellung eines auf Flugasche basierenden Geliermaterials nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das auf Flugasche basierende Geliermaterial die folgenden Komponenten, bezogen auf das Gewicht, umfasst: 50 bis 65 Teile Flugasche für die Hausmüllverbrennung, 8 bis 12 Teile Schlacke am Boden des Ofens, 20 bis 25 Teile Schlacke, 1 bis 5 Teile Phosphorgips, 3 bis 15 9 Teile Alkalireizstoff, 1 bis 3 Teile  $\text{CaCl}_2$ .