



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 637 A2

(51) Int. Cl.: C10L 9/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

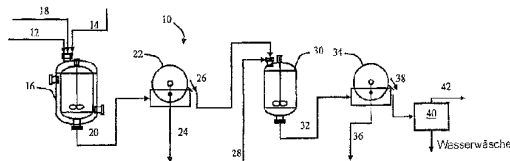
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01280/10	(71) Anmelder: General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)
(22) Anmeldedatum: 09.08.2010	(72) Erfinder: Chandrashekhar Sonwane, Philadelphia, Pennsylvania 19104 (US) Samuel D. Draper, Simpsonville, South Carolina 29681 (US) Lawrence B. Kool, Clifton Park, New York 12065 (US)
(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.02.2011	(74) Vertreter: R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneeggstrasse 4 8008 Zürich (CH)
(30) Priorität: 10.08.2009 US 12/538,423	

(54) **Verfahren zum Entfernen von Verunreinigungen aus Kohle mit Neutralisation einer Laugungslösung.**

(57) Es ist ein Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle (12) geschaffen. Das Verfahren weist ein Bereitstellen von Kohle (12), die mehrere Verunreinigungen aufweist, und Inkontaktbringen der Kohle mit einer ersten Laugungslösung (14) auf. Die erste Laugungslösung (14) reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen, um ein oder mehrere in der ersten Laugungslösung (14) lösliche erste Produkte zu erzeugen. Das Verfahren weist ferner ein Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung (18) zu der ersten Laugungslösung (14) auf. Die neutralisierende Zusammensetzung (18) reagiert mit der ersten Laugungslösung (14), um einen Niederschlag zu bilden. Das Verfahren weist ferner ein Trennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung (14) von der Kohle (26) und dem Niederschlag und Inkontaktbringen der Kohle (26) und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung (28) auf. Die zweite Laugungslösung (28) reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag, um ein oder mehrere zweite Produkte und/oder ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung (28) löslich sind. Das Verfahren weist ferner ein Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung (36) von der Kohle (38) auf.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Diese Offenbarung betrifft allgemein Verfahren zum Entfernen von Verunreinigungen aus Kohle, und sie betrifft insbesondere Verfahren zum Entfernen von Verunreinigungen aus Kohle, die eine Neutralisation einer Laugungslösung enthalten.

Hintergrund zu der Erfindung

[0002] Reine Kohle, wie beispielsweise hochreine Kohle, kann bereitgestellt werden, indem eine Kohle, die Verunreinigungen enthält, behandelt wird, um die Verunreinigungen zu entfernen. Zum Beispiel kann eine Verunreinigungen enthaltende Kohle mit einer ersten Laugungslösung, wie beispielsweise Fluorwasserstoffsäure («HF»), in einem ersten Reaktor behandelt werden, um eine erste Reaktionsaufschlämmung zu erzeugen. Die erste Reaktionsaufschlämmung kann zu einem Filter (zum Beispiel Trommelfilter) befördert werden, um gefilterte nasse Kohle zu erzeugen. Die gefilterte nasse Kohle kann anschliessend zu einem zweiten Reaktor zur Behandlung mit einer zweiten Laugungslösung, wie beispielsweise einer Nitratlösung, befördert werden, um eine zweite Reaktionsaufschlämmung zu erzeugen. Die zweite Reaktionsaufschlämmung kann anschliessend zu einem Filter zur Filterung befördert werden. Die resultierende hochreine Kohle kann anschliessend mit Wasser gewaschen und zum Trocknen zu einem Trockner befördert werden.

[0003] Gewöhnlich sind die Mole von HF, die für die erste Reaktion benötigt werden, deutlich weniger als die verwendeten HF-Mole. Folglich verbleibt die unreaktierte HF in der Flüssigkeit, und sie kann sogar in der Kohle (zum Beispiel in den Bereichen mit bereits vorhandener Feuchtigkeit und in geätzten Poren in der Kohle, die aufgrund einer Reaktion der HF mit Ascheverunreinigungen erzeugt werden) verbleiben, nachdem die Kohle gefiltert worden ist.

[0004] Es ist bekannt, dass HF extrem toxisch ist und Glas korrodiert. Gewöhnlich weist HF ein arbeitsbedingtes Expositions-niveau von 2 ppm auf. Die erforderlichen Schutzmassnahmen umfassen Gummihandschuhe, Gesichtsmaske oder Schutzbrillen, Schürze und gute Belüftung. Falls HF eingeatmet oder geschluckt wird, kann die Folge tödlich sein. HF wird leicht durch die Haut absorbiert, und ein Hautkontakt kann ebenfalls tödlich sein. HF wirkt ferner als ein systematisches Gift, das schwere Verätzungen verursacht, und ist ein mögliches Mutagen. Ausserdem kann die Reaktion mit HF verzögert erfolgen. Somit erfordert jeder Kontakt mit HF, selbst wenn er noch so gering ist, eine sofortige medizinische Versorgung.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0005] Diese Offenbarung stellt ein Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle bereit. Das Verfahren weist ein Bereitstellen von Kohle, die mehrere Verunreinigungen aufweist, und Inkontaktbringen der Kohle mit einer ersten Laugungslösung. Die erste Laugungslösung reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen, um ein oder mehrere erste Produkte zu erzeugen, die in der ersten Laugungslösung löslich sind. Das Verfahren weist ferner ein Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung zu der ersten Laugungslösung auf. Die neutralisierende Zusammensetzung reagiert mit der ersten Laugungslösung, um einen Niederschlag (ein Präzipitat) zu bilden. Das Verfahren weist ferner ein Abtrennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung von der Kohle und dem Niederschlag und Inkontaktbringen der Kohle und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung. Die zweite Laugungslösung reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag, um ein oder mehrere zweite Produkte und/oder ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung löslich sind. Das Verfahren weist ferner ein Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung von der Kohle.

[0006] Der vorliegende Offenbarungsgegenstand ergibt ferner ein weiteres Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle. Das Verfahren weist ein Bereitstellen von Kohle, die mehrere Verunreinigungen aufweist, und Inkontaktbringen der Kohle mit einer ersten Laugungslösung auf. Die erste Laugungslösung reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen, um ein oder mehrere erste Produkte zu erzeugen, die in der ersten Laugungslösung löslich sind. Das Verfahren weist ferner ein Abscheiden wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung von der Kohle als eine unreaktierte erste Laugungslösung auf. Das Verfahren weist ferner ein Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung zu der unreaktierten ersten Laugungslösung auf. Die neutralisierende Zusammensetzung reagiert mit der unreaktierten ersten Laugungslösung, um einen Niederschlag (ein Präzipitat) zu bilden. Das Verfahren weist ferner ein Abscheiden wenigstens eines Teils der unreaktierten ersten Laugungslösung von dem Niederschlag und Inkontaktbringen der Kohle und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung auf. Die zweite Laugungslösung reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag, um ein oder mehrere Produkte und/oder ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung löslich sind. Das Verfahren weist ferner ein Abtrennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung von der Kohle auf.

[0007] Weitere Aspekte, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung erschliessen sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung, den Zeichnungen und Ansprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen**[0008]**

- Fig. 1 veranschaulicht ein Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- Fig. 2 veranschaulicht ein Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

[0009] Wie vorstehend kurz zusammengefasst, umfasst diese Offenbarung Verfahren zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle. Somit kann das Verfahren gemäss der vorliegenden Offenbarung dazu verwendet werden, hochreine Kohle zu erzeugen. In dem hierin verwendeten Sinne bezeichnet der Ausdruck «hochreine Kohle» eine Kohle mit einem reduzierten Aschegehalt (zum Beispiel unter etwa 0,2%) und/oder einem deutlich reduzierten Schwefelgehalt, so dass die Kohle unmittelbar Prozessen, wie beispielsweise Gasturbinenprozessen, zugeführt werden und Vorteile, wie beispielsweise einen verbesserten Wärmewirkungsgrad, bieten kann. In dem hierin verwendeten Sinne bezeichnet «Asche» sowohl die nicht brennbaren Komponenten in der Kohle vor einer Verbrennung als auch die nicht brennbaren Nebenprodukte, die sich aus einer Verbrennung der Kohle ergeben. Ausführungsformen des Verfahrens zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle sind nachstehend beschrieben und in den Fig. 1 und 2 veranschaulicht. Es sollte verstanden werden, dass ein beliebiges System (zum Beispiel Gasturbinensysteme, wie beispielsweise kohlegefeuerte Gasturbinensysteme, kohlenstaubgefeuerte Kraftwerke und Gas- und Dampfkraftwerke mit integrierter Kohlevergasung) die Kohle (zum Beispiel hochreine Kohle) nutzen können, die durch Ausführungsformen der Verfahren gemäss der vorliegenden Offenbarung geschaffen wird.

[0010] Fig. 1 veranschaulicht eine Ausführungsform des Verfahrens 10 zum Entfernen von Verunreinigungen aus Kohle gemäss dem vorliegenden Offenbarungsgegenstand. Das Verfahren 10 stellt zunächst Kohle 12 bereit, die mehrere Verunreinigungen aufweist. Ausführungsformen des Verfahrens 10 können die Kohle 12 in Form einer Anthrazitkohle, bituminöser Kohle, subbituminöser Kohle, Braunkohle oder Kombinationen von diesen bereitstellen.

[0011] In einigen Ausführungsformen enthalten die Verunreinigungen, ohne darauf beschränkt zu sein, Oxide von Aluminium, Eisen, Kalium, Calcium, Natrium und anderen Metallen, Mineralien, anorganischen und organischen Schwefelverbindungen, Alkalien, Asche oder Kombinationen von diesen. In manchen Ausführungsformen können die Verunreinigungen in der Kohle 12 in einer Menge im Bereich von etwa 2 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-% vorhanden sein. In anderen Ausführungsformen können die Verunreinigungen in der Kohle 12 in einer Menge im Bereich von etwa 3 Gew.-% bis etwa 8 Gew.-% vorhanden sein. In noch weiteren Ausführungsformen können die Verunreinigungen in der Kohle 12 in einer Menge im Bereich von etwa 5 Gew.-% bis etwa 7 Gew.-% vorliegen.

[0012] Tabelle 1. Beispiele von Bereichen einer chemischen Zusammensetzung für aus unterschiedlichen Kohlearten erzeugte Flugasche (ausgedrückt in Gewichtsprozent).

Komponente	Bituminös	Subbituminös	Braunkohle
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	10-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

Quelle: <http://www.tfsrc.gov>

[0013] Das Verfahren 10 bringt die Kohle 12 in einem ersten Reaktor 16 mit einer ersten Laugungslösung 14 in Kontakt. Wenigstens eine der Verunreinigungen reagiert mit der ersten Laugungslösung 14, um ein oder mehrere erste Produkte zu erzeugen, die in der ersten Laugungslösung löslich sind. In manchen Ausführungsformen kann die erste Laugungslösung 14 eine Säurelösung aufweisen. In einigen Ausführungsformen kann die erste Laugungslösung 14 einschliesslich, jedoch

CH 701 637 A2

nicht darauf beschränkt, erste Edukte (Reaktanten), wie beispielsweise eine Fluorwasserstoffsäure, eine Salpetersäure, eine Salzsäure, eine Hexafluorokieselsäure, eine Kombination von diesen oder andere starke Säuren, die Oxide auflösen, enthalten.

[0014] Ein Beispiel für eine Reaktion der ersten Laugungslösung 14 mit wenigstens einer Verunreinigung ist nachstehend in der Formel (I) angegeben:



[0015] In bestimmten Ausführungsformen hat die erste Laugungslösung 14 eine Konzentration des ersten Eduktes im Bereich von etwa 3 M bis etwa 10 M. In anderen Ausführungsformen hat die erste Laugungslösung 14 eine erste Eduktkonzentration im Bereich von etwa 3 M bis etwa 6 M. In noch weiteren Ausführungsformen hat die erste Laugungslösung 14 eine erste Eduktkonzentration im Bereich von etwa 4 M bis etwa 6 M.

[0016] In speziellen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie sie dem ersten Reaktor 14 zugegeben werden, im Bereich von etwa 10:1 bis etwa 10:5. Sofern nicht anders angegeben, sind alle Verhältnisse Gewicht-zu-Gewichts-Verhältnisse. In anderen speziellen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie dem ersten Reaktor 16 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2 bis etwa 10:4. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie dem ersten Reaktor 16 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2,5 bis etwa 10:3,5.

[0017] In bestimmten Ausführungsformen weist die erste Laugungslösung 14 eine Fluorwasserstoffsäurenkonzentration im Bereich von etwa 3 M bis etwa 10 M auf. In anderen Ausführungsformen weist die erste Laugungslösung 14 eine Fluorwasserstoffsäurenkonzentration im Bereich von etwa 3 M bis etwa 6 M auf. In noch weiteren Ausführungsformen weist die erste Laugungslösung 14 eine Fluorwasserstoffsäurenkonzentration im Bereich von etwa 4 M bis etwa 6 M auf. In bestimmten Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Fluorwasserstoffsäurenkonzentration der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie sie dem ersten Reaktor 16 zugegeben werden, im Bereich von etwa 10:1 bis etwa 10:5. In anderen speziellen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Fluorwasserstoffsäurenkonzentration der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie dem ersten Reaktor 16 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2 bis etwa 10:4. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Fluorwasserstoffsäurenkonzentration der ersten Laugungslösung 14 zu Kohle 12, wie dem ersten Reaktor 16 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2,5 bis etwa 10:3,5.

[0018] In bestimmten Ausführungsformen steht die Kohle 12 für etwa eine Stunde bis etwa 10 Stunden in dem ersten Reaktor 16 mit der ersten Laugungslösung 14 in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen ist die Kohle 12 für etwa 3 Stunden bis etwa 5 Stunden in dem ersten Reaktor 16 mit der ersten Laugungslösung 14 in Kontakt. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen ist die Kohle 12 für etwa 4 Stunden bis etwa 5 Stunden in dem ersten Reaktor 16 mit der ersten Laugungslösung 14 in Kontakt.

[0019] In bestimmten Ausführungsformen ist die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 70°F bis etwa 200°F in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen steht die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 110°F bis etwa 170°F in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt. In noch weiteren bestimmten Ausführungsformen steht die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 140°F bis etwa 160°F in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt.

[0020] In speziellen Ausführungsformen steht die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 unter einem Druck im Bereich von etwa 14 psia bis etwa 1000 psia in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen ist die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 unter einem Druck im Bereich von etwa 14 psia bis etwa 42 psia in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen ist die Kohle 12 mit der ersten Laugungslösung 14 unter einem Druck im Bereich von etwa 14 psia bis etwa 20 psia in dem ersten Reaktor 16 in Kontakt.

[0021] In bestimmten Ausführungsformen weist bzw. weisen das eine oder die mehreren ersten Produkte ein oder mehrere Fluoride, Hydroxyfluoride, Hydroxide oder Kombinationen von diesen auf. In Ausführungsformen, in denen die ersten Produkte ein oder mehrere Fluoride aufweisen, können die Fluoride aus Siliziumfluorid, Aluminiumfluorid, Eisenfluorid, Calciumfluorid, Kaliumfluorid oder Kombinationen von diesen ausgewählt sein.

[0022] Das Verfahren 10 weist ferner ein Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 auf, so dass die neutralisierende Zusammensetzung mit der ersten Laugungslösung reagiert, um einen Niederschlag zu bilden. Durch Zugabe der neutralisierenden Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 wird jedes unreaktierte erste Edukt (das heisst überschüssiges erstes Edukt, das nicht mit wenigstens einer der Verunreinigungen reagierte) in der ersten Laugungslösung neutralisiert.

[0023] In einigen Ausführungsformen weist die neutralisierende Zusammensetzung 18 ein neutralisierendes Edukt auf, das ein Calciumhydroxid, Natriumhydroxid, ein beliebiges sonstiges Alkali oder Kombinationen von diesen enthalten. In bestimmten Ausführungsformen weist die erste Laugungslösung eine Fluorwasserstoffsäurenkonzentration auf, während die neutralisierende Zusammensetzung ein Calciumhydroxid aufweist, der Niederschlag ein Calciumfluorid aufweist und das eine oder die mehreren dritten Produkte Calciumionen, Nitrationen oder Kombinationen von diesen aufweisen.

[0024] In bestimmten Ausführungsformen wird die neutralisierende Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 zugegeben, nachdem die Kohle 12 für etwa eine Stunde bis etwa 10 Stunden in dem ersten Reaktor 10 mit der ersten Laugungslösung in Kontakt stand. In anderen speziellen Ausführungsformen wird die neutralisierende Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 zugegeben, nachdem die Kohle 12 für etwa 3 Stunden bis etwa 5 Stunden in dem ersten Reaktor 16 mit der ersten Laugungslösung in Kontakt stand. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen wird die neutralisierende Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 zugegeben, nachdem die Kohle 12 für etwa 4 Stunden bis etwa 5 Stunden in dem ersten Reaktor 16 mit der ersten Laugungslösung in Kontakt stand.

[0025] In bestimmten Ausführungsformen weist die neutralisierende Zusammensetzung 18 eine Konzentration des neutralisierenden Eduktes im Bereich von etwa 1 M bis etwa 10 M auf. In anderen Ausführungsformen weist die neutralisierende Zusammensetzung 18 eine neutralisierende Eduktkonzentration im Bereich von etwa 1 M bis etwa 4 M auf. In noch weiteren Ausführungsformen weist die neutralisierende Zusammensetzung 18 eine neutralisierende Eduktkonzentration im Bereich von etwa 2 M bis etwa 3 M auf.

[0026] Das Verfahren 10 weist ferner ein Abtrennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung 14 von der Kohle 12 und dem Edukt auf. Durch Trennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung 14 von der Kohle 12 wird wenigstens ein Teil der ersten Produkte ebenfalls von der Kohle abgetrennt, weil diese in der ersten Laugungslösung löslich sind. Somit kann in speziellen Ausführungsformen im Wesentlichen die gesamte erste Laugungslösung 14, einschliesslich im Wesentlichen aller erster Produkte, von der Kohle 12 und dem Niederschlag abgetrennt werden. In dem in Fig. 1 veranschaulichten Verfahren 10 werden die erste Laugungslösung 14, die Kohle 12 und der Niederschlag als eine Aufschlämmung 20 von dem ersten Reaktor 16 zu einem Trommelfilter 22 befördert. Der Trommelfilter 22 filtert die Aufschlämmung 20, um die Kohle und den Niederschlag als nasse Kohle 26 von der ersten Laugungslösung 24 zu trennen.

[0027] Die nasse Kohle 26 wird anschliessend zu einem zweiten Reaktor 30, worin die Kohle 12 und der Niederschlag mit einer zweiten Laugungslösung 28 in Kontakt gebracht werden, zugeführt. Die zweite Laugungslösung 28 reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag, um ein oder mehrere zweite Produkte bzw. ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden. Die zweiten Produkte und die dritten Produkte sind in der zweiten Laugungslösung 28 löslich. In bestimmten Ausführungsformen kann die zweite Laugungslösung 28 eine Nitratlösung aufweisen.

[0028] Beispiele für Reaktionen der zweiten Laugungslösung 28 mit wenigstens einer Verunreinigung sind nachstehend in den Formeln (II) und (III) angegeben:



[0029] In bestimmten Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 ein zweites Edukt auf, das einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, Salpetersäure, Aluminiumnitrat, Eisennitrat, Fluornitrat, andere Nitrate, Hydroxid, Hydroxylfluorid, Hydroxynitrat, Ionen von diesen oder Kombinationen hiervon enthalten. In manchen Ausführungsformen des Verfahrens weist/weisen das eine oder die mehreren zweiten Produkte Nitrationen, Sulfationen, Eisenionen, Hydroxylfluoride, Oxide, Fluornitrate oder Kombinationen von diesen auf. In speziellen Ausführungsformen weist/weisen das eine oder die mehreren dritten Produkte Calciumionen oder Kombinationen mit diesen auf.

[0030] In speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine Konzentration des zweiten Eduktes im Bereich von etwa 0,1 M bis etwa 5 M auf. In anderen speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine zweite Eduktkonzentration im Bereich von etwa 0,1 M bis etwa 0,4 M auf. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine zweite Eduktkonzentration im Bereich von etwa 0,3 M bis etwa 0,4 M auf.

[0031] In bestimmten Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der zweiten Laugungslösung 28 zur nassen Kohle 26, wie sie dem zweiten Reaktor 30 zugegeben werden, im Bereich von etwa 10:1 bis etwa 10:5. In anderen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der zweiten Laugungslösung 28 zur nassen Kohle 26, wie dem zweiten Reaktor 30 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2 bis etwa 10:4. In noch weiteren Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der zweiten Laugungslösung 28 zur nassen Kohle 26, wie dem zweiten Reaktor 30 zugegeben, im Bereich von etwa 10:2,5 bis etwa 10:3,5.

[0032] In speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine Salpetersäurenlösung mit einer Salpetersäurenkonzentration im Bereich von etwa 0,1 M bis etwa 5 M auf. In anderen speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine Salpetersäurenlösung mit einer Salpetersäurenkonzentration im Bereich von etwa 0,1 M bis etwa 0,4 M auf. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen weist die zweite Laugungslösung 28 eine Salpetersäurenlösung mit einer Salpetersäurenkonzentration im Bereich von etwa 0,2 M bis etwa 0,3 M auf. In bestimmten Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Salpetersäurenlösung 28 zur nassen Kohle 26, wie sie dem zweiten Reaktor 30 zugegeben werden, im Bereich von etwa 10:1 bis etwa 10:5. In anderen Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Salpetersäurenlösung 28 zur nassen Kohle 26, wie dem zweiten Reaktor 30 zugegeben, im Bereich

von etwa 10:2 bis 10:4. In noch weiteren Ausführungsformen liegt das Gewichtsverhältnis der Salpetersäurenlösung 28 zur nassen Kohle 26, wie dem zweiten Reaktor zugegeben, im Bereich von etwa 10:2,5 bis etwa 10:3,5.

[0033] Gemäss bestimmten Ausführungsformen des vorliegenden Offenbarungsgegenstandes steht die zweite Laugungslösung 28 für etwa 20 Stunden bis etwa 30 Stunden in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen ist die zweite Laugungslösung 28 für etwa 22 Stunden bis etwa 26 Stunden in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt.

[0034] In bestimmten Ausführungsformen steht die zweite Laugungslösung 28 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 70°F bis etwa 190°F in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen ist die zweite Laugungslösung 28 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 150°F bis etwa 190°F in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen ist die zweite Laugungslösung 28 bei einer Temperatur im Bereich von etwa 140°F bis etwa 160°F in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt.

[0035] In speziellen Ausführungsformen steht die zweite Laugungslösung 28 unter einem Druck im Bereich von etwa 14,4 psia bis etwa 100 psia in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt. In anderen speziellen Ausführungsformen steht die zweite Laugungslösung 28 unter einem Druck im Bereich von etwa 14,4 psia bis etwa 43 psia in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt. In noch weiteren speziellen Ausführungsformen ist die zweite Laugungslösung 28 unter einem Druck im Bereich von etwa 14,4 psia bis etwa 28 psia in dem zweiten Reaktor 30 mit der Kohle und dem Niederschlag in Kontakt.

[0036] Das Verfahren 10 weist ferner ein Abtrennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung 28 von der Kohle ab. Durch Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung 28 von der Kohle werden auch wenigstens ein Teil der zweiten Produkte und wenigstens ein Teil der dritten Produkte von der Kohle getrennt, weil sie in der zweiten Laugungslösung löslich sind. Folglich kann in bestimmten Ausführungsformen im Wesentlichen die gesamte zweite Laugungslösung 28, einschliesslich im Wesentlichen aller zweiten Produkte und im Wesentlichen aller dritten Produkte, von der Kohle abgeschieden werden. In dem in Fig. 1 veranschaulichten Verfahren 10 werden die zweite Laugungslösung 28 und die Kohle als eine Aufschlämzung 32 von dem zweiten Reaktor 30 zu einem Trommelfilter 34 befördert. Der Trommelfilter 34 filtert die Aufschlämzung 32, um nasse Kohle 38 von der zweiten Laugungslösung 36 zu trennen.

[0037] Das Verfahren 10 kann ferner ein Waschen der nassen Kohle 38 mit Wasser in einer Wasserwaschvorrichtung 40 aufweisen, um jegliche Restedukte oder -produkte aus der Kohle zu entfernen. Die mit Wasser gewaschene Kohle 42 kann über ein (nicht veranschaulichtes) Förderband zu einem (nicht veranschaulichten) Kohlentrockner übertragen werden, der weiter als ein Filter wirkt, um Wasser aus der Kohle zu beseitigen.

[0038] In bestimmten Ausführungsformen der mit Wasser gewaschenen Kohle 42 kann Asche in einer Menge von weniger als etwa 0,2 Gewichtsprozent vorhanden sein. In bestimmten Ausführungsformen des Verfahrens 10 ist die Asche in der gewaschenen Kohle 42 in einer Menge im Bereich von etwa 0,01 Gewichtsprozent bis etwa 0,5 Gewichtsprozent vorhanden. In anderen Ausführungsformen des Verfahrens 10 ist in der gewaschenen Kohle 42 Asche in einer Menge im Bereich von etwa 0,01 Gewichtsprozent bis etwa 0,2 Gewichtsprozent vorhanden.

[0039] In speziellen Ausführungsformen weist das Verfahren ferner ein Rühren der ersten Laugungslösung in dem ersten Reaktor, Rühren der zweiten Laugungslösung in dem zweiten Reaktor oder beides auf.

[0040] Figur 2 veranschaulicht eine weitere Ausführungsform eines Verfahrens 50 zum Entfernen von Verunreinigungen aus Kohle. Gleiche Elemente in den Figuren 1 und 2 sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0041] Wie in Figur 2 veranschaulicht, wird die neutralisierende Zusammensetzung 18 anstatt zu dem ersten Reaktor 16 wie dem Verfahren 10, das in Figur 1 veranschaulicht ist, zu einer unreaktierten ersten Laugungslösung 54 zugegeben. Somit werden in dieser Ausführungsform die erste Laugungslösung 12 und die Kohle 14 von dem ersten Reaktor 16 als eine Aufschlämzung 52 zu dem Trommelfilter 22 befördert. Der Trommelfilter 22 filtert die Aufschlämzung 52, um eine unreaktierte erste Laugungslösung 54 von der nassen Kohle 56 zu trennen. Die neutralisierende Zusammensetzung 18 wird zu der unreaktierenden Laugungslösung 54 zugegeben, und die neutralisierende Zusammensetzung reagiert mit der unreaktierten ersten Laugungslösung, um einen Niederschlag zu bilden.

[0042] Wenigstens ein Teil der unreaktierten ersten Laugungslösung 54 wird durch eine Filtervorrichtung 58 von dem Niederschlag 60 als eine neutralisierte erste Laugungslösung 62 abgeschieden. Der Niederschlag 60 wird anschliessend in dem Nitratreaktor mit der zweiten Laugungslösung 28, zusammen mit der nassen Kohle 56 in Kontakt gebracht. Die zweite Laugungslösung 28 reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag 60, um ein oder mehrere zweite Produkte bzw. ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden. Die zweiten Produkte und die dritten Produkte sind in der zweiten Laugungslösung 28 löslich.

[0043] In modifizierten Ausführungsformen (nicht veranschaulicht) können die Verfahren in einer Reaktionskammer in einem Batchprozess (auch Chargenprozess genannt) ausgeführt werden, um die Verwendung von mehreren Reaktoren, mehreren Filtern und Fördereinrichtungen (zum Beispiel Pumpen und Förderbänder) sowie damit verbundene Kosten- und Raumanforderungen zu vermeiden. Ausserdem ist die Exposition von Kohle ausserhalb des Reaktors reduziert.

[0044] Durch Zugabe einer neutralisierenden Zusammensetzung zu der ersten Laugungslösung entweder in dem ersten Reaktor oder in eine unreaktierte erste Laugungslösung hinein, die von der Kohle abgetrennt wird, und anschliessendes Inkontaktbringen des erzeugten Niederschlags mit der zweiten Laugungslösung wird überschüssiges unreaktiertes Edukt, wie beispielsweise Fluorwasserstoffsäure, aus dem verbleibenden Prozess und der resultierenden Kohle reduziert oder eliminiert. Folglich ist die Gefahr einer Exposition gegenüber gefährlichen Chemikalien, wie beispielsweise Fluorwasserstoffsäure oder anderen Säuren, die benutzt werden, reduziert, da diese neutralisiert und nicht gemeinsam mit der Kohle zu dem zweiten Reaktor befördert wird bzw. werden. Ausserdem können die Reaktorvolumina kleiner sein, und der Prozess kann anstatt in einem diskontinuierlichen Batch- oder halbkontinuierlichen Semi-Batch-Prozess auf eine kontinuierliche Weise ausgeführt werden.

[0045] Es sollte offensichtlich sein, dass das Vorstehende lediglich die bevorzugten Ausführungsformen des vorliegenden Anmeldegegenstandes an betrifft und dass daran zahlreiche Veränderungen und Modifikationen durch einen Fachmann auf dem Gebiet vorgenommen werden können, ohne dass von dem allgemeinen Rahmen und Schutzzumfang der Erfindung, wie durch die folgenden Ansprüche definiert, und ihren Äquivalenten abgewichen wird.

[0046] Es ist ein Verfahren 10 zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle 12 geschaffen. Das Verfahren 10 weist ein Bereitstellen von Kohle 12, die mehrere Verunreinigungen aufweist, und Inkontaktbringen der Kohle mit einer ersten Laugungslösung 14 auf. Die erste Laugungslösung 14 reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen, um ein oder mehrere in der ersten Laugungslösung 14 lösliche erste Produkte zu erzeugen. Das Verfahren 10 weist ferner ein Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung 18 zu der ersten Laugungslösung 14 auf. Die neutralisierende Zusammensetzung 18 reagiert mit der ersten Laugungslösung 14, um einen Niederschlag zu bilden. Das Verfahren 10 weist ferner ein Trennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung 14 von der Kohle 26 und dem Niederschlag und Inkontaktbringen der Kohle 26 und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung 28. Die zweite Laugungslösung 28 reagiert mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag um ein oder mehrere zweite Produkte und/oder ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung 28 löslich sind. Das Verfahren 10 weist ferner ein Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung 36 von der Kohle 38 auf.

[0047] Bezugszeichenliste

- 10 Verfahren
- 12 Kohle
- 14 erste Laugungslösung
- 16 erster Reaktor
- 18 neutralisierende Zusammensetzung
- 20 Aufschlammung
- 22 Trommelfilter
- 24 erste Laugungslösung
- 26 nasse Kohle
- 28 zweite Laugungslösung
- 30 zweiter Reaktor
- 32 Aufschlammung
- 34 Trommelfilter
- 36 zweite Laugungslösung
- 38 nasse Kohle
- 40 Wasserwaschvorrichtung
- 42 mit Wasser gewaschene Kohle
- 50 Verfahren
- 52 Aufschlammung

- 54 unreagierte erste Laugungslösung
- 56 nasse Kohle
- 58 Filtervorrichtung
- 60 Niederschlag, Präzipitat
- 62 neutralisierte erste Laugungslösung

Patentansprüche

1. Verfahren (10) zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle (12), wobei das Verfahren (10) aufweist: Bereitstellen von Kohle (12), die mehrere Verunreinigungen aufweist; Inkontaktbringen der Kohle (12) mit einer ersten Laugungslösung (14), wobei die erste Laugungslösung (14) mit wenigstens einer der Verunreinigungen reagiert, um ein oder mehrere erste Produkte zu erzeugen, die in der ersten Laugungslösung (14) löslich sind; Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung (18) zu der ersten Laugungslösung (14), wobei die neutralisierende Zusammensetzung (18) mit der ersten Laugungslösung (14) reagiert, um einen Niederschlag zu bilden; Trennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung (24) von der Kohle (26) und dem Niederschlag; und Inkontaktbringen der Kohle (26) und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung (28), wobei die zweite Laugungslösung (28) mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag reagiert, um ein oder mehrere zweite Produkte bzw. ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung (28) löslich sind; und Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung (36) von der Kohle (38).
2. Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die neutralisierende Zusammensetzung (18) Calciumhydroxid, Natriumhydroxid oder Kombinationen von diesen aufweist.
3. Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die neutralisierende Zusammensetzung (18) eine Konzentration des neutralisierenden Edukts im Bereich von etwa 1 M bis etwa 10 M aufweist.
4. Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die erste Laugungslösung (14) eine Fluorwasserstoffsäurenlösung, eine Salpetersäurenlösung, eine Salzsäurelösung, eine Fluorkieselsäurenlösung oder Kombinationen von diesen aufweist.
5. Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die zweite Laugungslösung (28) Salpetersäure, Aluminiumnitrat, Eisennitrat, Fluornitrat, Hydroxid, Hydroxylfluorid, Hydroxynitrat, Ionen von diesen oder Kombinationen von diesen aufweist.
6. Verfahren (50) zum Entfernen wenigstens einer Verunreinigung aus Kohle (12), wobei das Verfahren (50) aufweist: Bereitstellen von Kohle (12), die mehrere Verunreinigungen aufweist; Inkontaktbringen der Kohle (12) mit wenigstens einer ersten Laugungslösung (14), wobei die erste Laugungslösung (14) mit wenigstens einer der Verunreinigungen reagiert, um ein oder mehrere erste Produkte zu erzeugen, die in der ersten Laugungslösung (14) löslich sind; Trennen wenigstens eines Teils der ersten Laugungslösung (14) von der Kohle (26) als eine unreagierte erste Laugungslösung (54); Zugeben einer neutralisierenden Zusammensetzung (18) zu der unreagierten ersten Laugungslösung (54), wobei die neutralisierende Zusammensetzung (18) mit der unreagierten ersten Laugungslösung (54) reagiert, um einen Niederschlag zu bilden; Trennen wenigstens eines Teils der unreagierten ersten Laugungslösung (62) von dem Niederschlag; Inkontaktbringen der Kohle (26) und des Niederschlags mit einer zweiten Laugungslösung (18), wobei die zweite Laugungslösung (18) mit wenigstens einer der Verunreinigungen und dem Niederschlag reagiert, um ein oder mehrere zweite Produkte bzw. ein oder mehrere dritte Produkte zu bilden, wobei die zweiten Produkte und die dritten Produkte in der zweiten Laugungslösung (18) löslich sind; und Trennen wenigstens eines Teils der zweiten Laugungslösung (18) von der Kohle (26).
7. Verfahren (50) nach Anspruch 6, wobei die neutralisierende Zusammensetzung (18) Calciumhydroxid, Natriumhydroxid oder Kombinationen von diesen aufweist.
8. Verfahren (50) nach Anspruch 6, wobei die erste Laugungslösung (14) eine Fluorwasserstoffsäurenlösung aufweist, die neutralisierende Zusammensetzung (18) Calciumhydroxid aufweist, der Niederschlag ein Calciumfluorid aufweist und das eine oder die mehreren dritten Produkte Calciumionen, Nitrationen oder Kombinationen von diesen aufweist bzw. aufweisen.
9. Verfahren (50) nach Anspruch 6, wobei die erste Laugungslösung (14) eine Fluorwasserstoffsäurenlösung, eine Salpetersäurenlösung, eine Salzsäurelösung, eine Fluorkieselsäurenlösung oder Kombinationen von diesen aufweist.
10. Verfahren (50) nach Anspruch 6, wobei die zweite Laugungslösung (28) Salpetersäure, Aluminiumnitrat, Eisennitrat, Fluornitrat, Hydroxid, Hydroxylfluorid, Hydroxynitrat, Ionen von diesen oder Kombinationen von diesen aufweist.

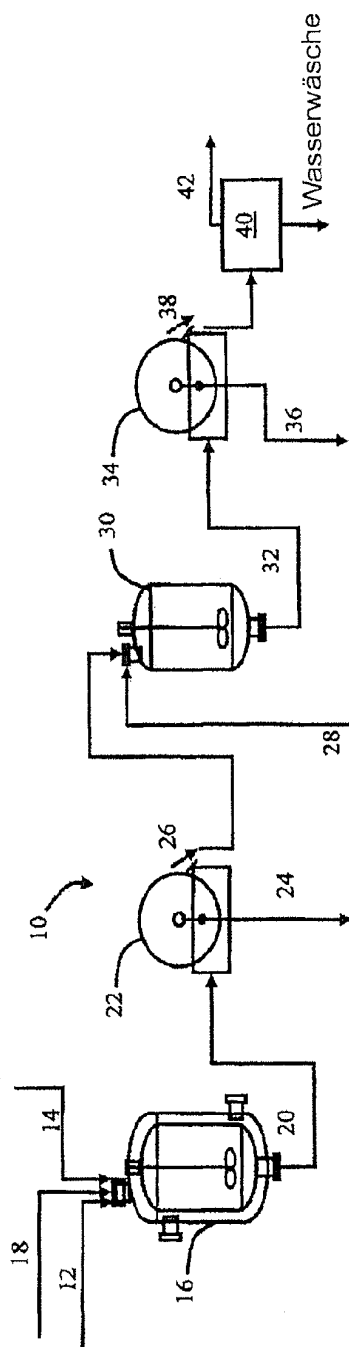


FIG. 1

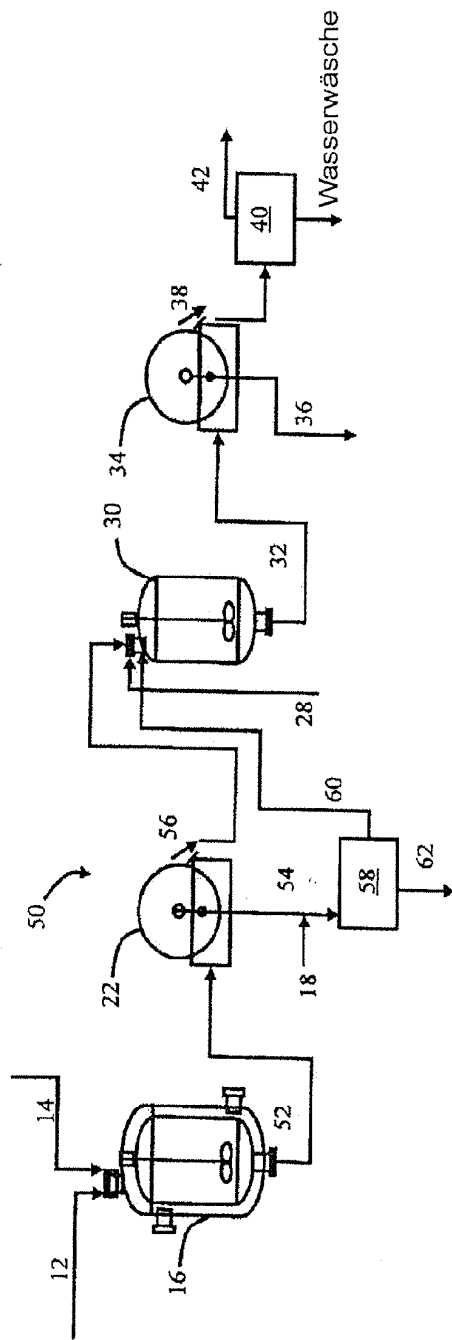


FIG. 2