



(10) **DE 10 2012 004 667 A1** 2013.09.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 004 667.7**

(22) Anmeldetag: **12.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **12.09.2013**

(51) Int Cl.: **C10B 45/02 (2012.01)**

C10B 31/04 (2012.01)

(71) Anmelder:

ThyssenKrupp Uhde GmbH, 44141, Dortmund, DE

(72) Erfinder:

**Kim, Ronald, Dr., 45144, Essen, DE; Reichelt,
Hans-Joachim, 45529, Hattingen, DE; Härschnitz,
Klaus, 45359, Essen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	839 791	B
DE	22 35 167	A
AT	190 900	B
WO	00/ 10 914	A1
WO	2011/ 107 198	A1

**BUSS, Walter E. [u.a.]: Thyssen still Otto/
PACTI nonrecovery cokemaking system. In:
Association of Iron and Steel Engineers: Iron and
Steel Engineer. 1999, Bd. 76, H. 1, S. 33-38. ISSN
0021-1559**

**STUKOV, M. I. [u.a.]: Increasing the strength of
metallurgical coke by adding modified petroleum
coke to the coking batch. In: Coke and Chemistry.
2009, Bd. 52, H. 8, S. 349-352. ISSN 1068- 364X;
1934-8398**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von metallurgischem Koks aus in Erdö Raffinerien
anfallender Petrolkohle durch Verkokung in "Non-Recovery" oder "Heat-Recovery"-Koksöfen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von metallurgischem Koks aus in Erdö raffinerien erzeugter Petrolkohle durch Verkokung in „Heat-Recovery“-Koksöfen, welches von in Erdö raffinerien anfallender oder erzeugter Petrolkohle ausgeht, welche von vornherein einen Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einen Ascheanteil von bis zu 2 Gewichtsprozent besitzt, und welche zur zyklischen Verkokung verdichtet in einen Koksofen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ gegeben wird, der mit mindestens einem fremd beheizten Brenner ausgestattet ist, so dass der Primärheizraum oder der Sekundärheizraum unterhalb der Koksofenkammer oder beide auf eine auf eine Temperatur von 1000°C bis 1550°C beheizt werden, und innerhalb einer Zeitperiode von weniger als 120 der in der Petrolkohle enthaltene Flüchtigenanteil vollständig ausgast, wobei ein metallurgischer Koks mit einer CSR-Festigkeit von mindestens 44% und einer CRI-Reaktivität von weniger als 33% erhalten wird, welcher zum Einsatz als Hüttenkoks geeignet ist. Die Erfindung betrifft auch einen Koksofen, welcher nach dem Bauprinzip der „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“-Koksöfen aufgebaut ist, der einen Primärheizraum enthält, und welcher mit Brennern ausgestattet ist, die den Primärheizraum beheizen.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von metallurgischem Koks aus in Erdö Raffinerien erzeugter Petrolkohle durch Verkokung in „Non-Recovery“- oder „Heat-Recovery“-Koksöfen, welches von in Erdö Raffinerien anfallender oder erzeugter Petrolkohle ausgeht, welche von vornherein einen Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einen Ascheanteil von bis zu 2 Gewichtsprozent besitzt, und welche verdichtet in einen Koksofen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ zur zyklischen Verkokung gegeben wird, der mit mindestens einem fremd beheizten Brenner ausgestattet ist, so dass der Primärheizraum oder der Sekundärheizraum unterhalb der Koksofenkammer oder beide auf eine Temperatur zwischen 1000°C bis 1550°C beheizt werden, und innerhalb einer Zeitperiode von weniger als 120 h der in der Petrolkohle enthaltene Flüchtiganteil vollständig ausgast, wobei ein metallurgischer Koks mit einer CSR-Festigkeit von mindestens 44% und einer CRI-Reaktivität von weniger als 33% erhalten wird, welcher zum Einsatz als metallurgischer Koks geeignet ist. Die Erfindung betrifft auch einen Koksofen, welcher nach dem Bauprinzip der „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“-Koksöfen aufgebaut ist, der einen Primärheizraum enthält, welcher mit Brennern ausgestattet ist, die den Primärheizraum beheizen.

[0002] Bei der Verarbeitung von Mineralöl und Erdöl in Raffinerien zu Erdölprodukten fällt neben den gewünschten Produkten auch ein sogenannter Petrolkoks an, welcher in Destillationsprozessen, Reformierschritten, Hydrierverfahren, und Reinigungsoperationen einer Erdö Raffinerie aus schwer siedenden Rückständen gebildet wird. Dieser besteht typischerweise aus über 88 Gewichtsprozent Kohlenstoff, und einem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen (VOC) von 8 bis 12 Gewichtsprozent. Dieser Petrolkoks ist nur von geringem wirtschaftlichem Interesse, da er in Bezug auf viele Verwertungsprozesse unerwünschte Eigenschaften wie beispielsweise eine geringe CSR-Festigkeit und eine hohe CRI-Reaktivität besitzt, und aus diesem Grund keine geeigneten Absatzmärkte findet.

[0003] Petrolkoks wird häufig in Nischenanwendungen wie beispielsweise der Metallurgie zur Elektrodenherstellung verwendet. Eine Verwendung von Petrolkoks in der Hüttentechnologie, also zum Beispiel als Reduktionsmittel in einem Hochofenprozess zur Herstellung von Roheisen, ist nicht möglich, da die Festigkeit des Petrolkoks für eine Verwendung im Hochofen nicht ausreicht. Darüber hinaus ist es bekannt, zu Steinkohlemischungen Petrolkoksanteile hinzuzumischen, jedoch ist der Zumischanteil des Petrolkoks auf Grund der geringen Qualität des daraus erzeugten Hochofenkoks auf Größenordnungen kleiner 10 Gewichtsprozent beschränkt.

[0004] Ein weiteres Problem des Petrolkoks sind Verunreinigungen, welche aus der Verarbeitung des Erdöls stammen, und welche sich bei der Ausschleusung des Petrolkoks in diesem angereichert haben. Häufig anzutreffende Verunreinigungen des Petrolkoks sind beispielsweise Vanadium, Nickel, Schwefel, Silizium, Eisen oder Titan. So können der Vanadiumgehalt in Petrolkoksfraktionen bis zu 0,17 Gew.-%, der Nickelgehalt bis zu 0,04 Gew.-% und der Schwefelgehalt bis zu 5 Gew.-% betragen. Diese Verunreinigungen bringen es mit sich, dass der Petrolkoks auch nicht ohne weiteres für Heizzwecke verwendet werden kann, da dadurch die Umwelt belastet würde. Eine weitere Eigenheit des Petrolkoks ist es, eine geringere Flammtemperatur als Hochofenkoks oder Kohle zu besitzen. Dies ist in Bezug auf die Verwendung als Brennstoff und dessen Handhabung unerwünscht, so dass dieser für viele Weiterverarbeitungsprozesse nicht verwendet werden kann. Es wird deshalb nach Möglichkeiten gesucht, eine wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeit des Petrolkoks bereitzustellen.

[0005] Ein wesentlicher Hinderungsgrund, metallurgischen Koks dadurch zu erhalten, dass eine Anpassung des Verkokungsverfahrens an die Eigenschaften des Petrolkoks durchgeführt wird, besteht neben den Verunreinigungen und der fehlenden Festigkeit des Produktes wiederum in einem schwankenden Anteil an flüchtigen Bestandteilen. Der schwankende Anteil an flüchtigen Bestandteilen bringt es mit sich, dass der Einsatz in einem Koksofen aufgrund der durch die flüchtigen Bestandteile hervorgerufenen schwer berechenbaren Heizeigenschaften nur schlecht steuerbar ist. In der Regel ist der Hauptanteil des in Raffinerien erzeugten Petrolkoks mit einem sehr geringen Anteil an flüchtigen Bestandteilen kleiner 19 Gewichtsprozent versehen, so dass er bei einem Einsatz im „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“-Koksofen nicht dafür geeignet ist, einen sich selbst tragenden Verbrennungs- und damit Verkokungsprozess aufrecht zu erhalten. Der Verkokungsprozess würde dann, bei ausschließlichem Einsatz von Petrolkoks als Ausgangsstoff in diesem Koksofen, nach mehreren Verkokungszyklen praktisch zum Erliegen kommen, da die während der Verkokung durch Verbrennung der flüchtigen Bestandteile erzeugte und im Feuerfestmaterial des Ofens gespeicherte Wärme nicht mehr ausreicht, während der nachfolgenden Chargen die Ofentemperatur auf dem erforderlichen hohen Wert oberhalb von 1000°C zu halten.

[0006] Als weitere Schwierigkeit bei der Verkokung von Kohle kommt hinzu, dass Petrolkoks bei der Verkokung sehr hohe Treibdrücke aufweist, was auf die darin enthaltenen niedrigsiedenden flüchtigen Bestandteile zurückzuführen ist. Diese führen während der Verkokung zu einer deutlichen Volumenvergrößerung des Kokskuchens, quasi zu einem „Aufquel-

len". Es ist deshalb nicht möglich, Petrolkohle in einem konventionellen Koksofen zu verkoken, da die Wände einer Koksofenkammer bei der Verkokung durch die Volumenvergrößerung des Petrolkohlekuchens beschädigt würden. Die Volumenvergrößerung des Petrolkohlekuchens, welche sich aus den genannten Eigenschaften des Petrolkohlekuchens ergibt, hat außerdem zur Folge, dass sich das unter Verwendung von Petrolkoksanteilen in der Steinkohlemischung erzeugte Koksprodukt nur sehr schwer aus einer konventionellen Koksofenkammer ausdrücken lässt.

[0007] Eine Möglichkeit zur Aufarbeitung und weiteren Verwendung von Petrolkoks gibt die WO0010914A1. Die Lehre stellt ein Verfahren bereit, Petrolkoks aus Erdölraffinerien, welcher aus einem Petrolkoks vorläufermaterial aus Mineralöl erhalten wird, einem thermischen Spaltprozess bei genügend hoher Temperatur und für eine genügend lange Zeitdauer bei einem ausreichenden Druck zu unterziehen, so dass man einen Petrolkoks erhält, welcher einen reduzierten und genau einstellbaren Flüchtigengehalt von 13 bis 50 Gewichtsprozent enthält. Das Verfahren offenbart zudem eine Möglichkeit, den Petrolkoks zu entsalzen, so dass die darin enthaltenen Metallverunreinigungen entfernt werden. Schließlich offenbart die Lehre auch eine Möglichkeit, die Schwefelverunreinigungen des Petrolkoks auf einen erniedrigten und umwelttechnisch vertretbaren Anteil zurückzuführen, beispielsweise durch Zugabe von Entschwefelungsmitteln in einer Wirbelschicht. Durch das Verfahren wird eine Möglichkeit bereitgestellt, Petrolkoksfraktionen mit einem recht genau bestimmbaren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und an Verunreinigungen bereitzustellen. Petrolkoksfraktionen mit einem Flüchtigengehalt von 15 bis 25 Gewichtsprozent werden auch „Petrolkohle“ genannt, da diese in ihren Eigenschaften denen konventioneller Ess- oder Fettsteinkohlen ähneln.

[0008] Die Verfügbarkeit von Petrolkohle mit einem genau bestimmbaren Anteil an flüchtigen Bestandteilen und an Verunreinigungen eröffnet neue Möglichkeiten, die erhaltene Petrolkohle für die Herstellung von metallurgischem Koks zu nutzen. Bei der Erdölverarbeitung wird ein besonders hoher Anteil an Petrolkohle mit einem flüchtigen Bestandteil von 15 bis 19 Gewichtsprozent erzeugt. Dieses Produkt wird bisher nicht in industriellem Maßstab weiter verarbeitet, da die Probleme eines geringen Energiegehaltes, einer geringen Wirtschaftlichkeit, eines gefährlichen Treibdruckes während der Verkokung, eine große Verunreinigung, und hohe Abbrandverluste, die mit diesem Produkt verbunden sind, mit den herkömmlichen Verkokungsverfahren nicht gelöst werden können. Labortechnische Untersuchungen des metallurgischen Koks, welcher aus dieser speziellen Fraktion des Petrolkoks erzeugt wird, attestieren diesem jedoch eine gute Qualität. Beispiele zu diesen Unter-

suchungen werden gelehrt in dem Artikel von Stukov et al., "Increasing the Strength of Metallurgical Petroleum Coke to the Coking Batch", *Coke and Chemistry*, 2009, Vol. 52, No. 8, pp. 349–352. Da die technische Ausführbarkeit bei der Herstellung von metallurgischem Koks aus Petrolkohle bislang nicht gesichert ist, ist ein Bedarf vorhanden, ein ausführbares Verfahren zur Herstellung von metallurgischem Koks durch Verkokung von Petrolkohle in einem Koksofen zu erhalten.

[0009] Es besteht deshalb die Aufgabe, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches Petrolkohle mit einem Anteil von 15 bis 19 Gewichtsprozent an flüchtigen Bestandteilen und einem erhöhtem Anteil an Verunreinigungen vorlegt, im industriellen Maßstab zur Verkokung nutzt und daraus einen Koks bereitstellt, welcher eine erhöhte Festigkeit und eine geringe Reaktivität besitzt, und welcher zur Verwendung als metallurgischem Koks geeignet ist.

[0010] Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren, welches Petrolkohle mit einem bekannten Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einem bekannten Ascheanteil von bis zu 2 Gewichtsprozent vorlegt, und diese Petrolkohle dann verdichtet unter regulären Bedingungen mit Temperaturen in den Beheizungskammern zwischen 1000°C bis 1550°C innerhalb einer Zeitspanne von 120 Stunden in einem Koksofen des Typs „Non-Recovery“ oder Heat-Recovery“ zu metallurgischem Koks verkockt, welcher mit mindestens einem Brenner zur Beheizung des Primärheizraums, der durch den im Betrieb vorhandenen Gasraum über dem Petrolkohlekuchen gebildet wird, oder zur Beheizung des Sekundärheizraumes unterhalb der Koksofenkammer oder beidem ausgestattet ist.

[0011] Die Bestimmung des Flüchtigengehaltes und des Aschegehaltes des Petrolkoks wird vor der Verkokung durch Analyse durchgeführt, wobei es keine Rolle spielt, ob die Analyse auf dem Gelände der Koksofenanlage oder des Zulieferers für die Petrolkohle durchgeführt wird. Wichtig zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist lediglich, dass eine Petrolkohle mit einem bekannten Gehalt an flüchtigen Bestandteilen vorgelegt wird, wobei ein Bereich von mindestens 15 Gewichtsprozent und maximal 19 Gewichtsprozent einzuhalten ist.

[0012] Um den infolge des geringeren Anteils an flüchtigen Bestandteilen verringerten Energieinhaltes der Petrolkohle mit den genannten Eigenschaften auszugleichen, muss eine Beheizung des Primärheizraumes oder des Sekundärheizraumes mit einem externen Heizgas durchgeführt werden, da man ausschließlich diese energiearme Petrolkohlefraktion in einem Verkokungsreaktor vom Typ „Non“- oder Heat-Recovery“ zu metallurgischem Koks weiterverarbeiten möchte. Ansonsten würde sich eine

überproportional lange und unwirtschaftliche Verkokungsdauer ergeben, da der geringe Energieinhalt des Einsatzstoffes nicht ausreicht, um die Temperaturen durchgängig auf dem erforderlichen Wert oberhalb von 1000°C zu halten und dadurch die hohen Abgas- und Abstrahlverluste, die mit dem Prozess verbunden sind, zu kompensieren.

[0013] Durch die Verwendung eines Koksofens der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ lässt sich eine Einsatzmischung, die hauptsächlich aus Petrolkohle besteht und mit den genannten Eigenschaften behaftet ist, jedoch verkoken, da eine solche Bauart des Verkokungsofens im Betriebszustand einen Gasraum über dem Petrolkohlekuchen frei lässt, welcher die entstehenden hohen Treibdrücke von Petrolkohle auffängt. Es wurde im Rahmen der Erfindung festgestellt, dass die so erhaltenen Koksqualitäten Festigkeiten von über 44% CSR und Reaktivitäten kleiner 33% CRI aufweisen, womit sich diese zur Verwendung als metallurgischem Koks, beispielsweise in Hütten- oder Hochofenprozessen, einsetzen lassen. Die genannten Werte eines Kokes wirken sich günstig auf einen Hochofenprozess aus, wenn dieser in einem Hochofenprozess eingesetzt wird.

[0014] Beansprucht wird insbesondere ein Verfahren zur Herstellung von metallurgischem Koks aus in der Erdöl verarbeitenden Industrie anfallender Petrolkohle, wobei

- Petrolkoks aus petrochemischen Prozessen einer Analyse des Flüchtigengehaltes und des Aschegehaltes unterzogen wird, so dass sich dieser in Chargen mit einem bekannten Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und Aschegehalt sortieren lässt, und
- eine Petrolkohlecharge mit einem Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einem Ascheanteil von weniger als 2 Gewichtsprozent, bezogen auf die wasser- und aschefreie Petrolkohlecharge, aussortiert wird, und in einen Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird, und
- diese Petrolkohlefraktion aus dem Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter durch Befüllmaschinen zunächst in eine Kompaktiereinrichtung zur Verdichtung und anschließend in einen Koksofen mit den Abmessungen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ zur zyklischen Verkokung gegeben wird, und welches dadurch gekennzeichnet ist, dass
- der Koksofen mit mindestens einem fremd beheizten Brenner zur Beheizung des Primärheizraums oberhalb des Petrolkohlekuchens oder zur Beheizung des Sekundärheizraumes unterhalb der Koksofenkammer oder beidem ausgestattet ist, durch den die Petrolkohle in der Koksofenkammer mit einem heißen Heizgas auf eine Temperatur von 1000°C bis 1550°C innerhalb einer Zeit-

periode von weniger als 120 h beheizt wird, so dass ein metallurgischer Koks mit einem CSR-Festigkeitswert von mindestens 44% und einem CRI-Reaktivitätswert von weniger als 33% erhalten wird.

[0015] Koksofen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ mit Primär- und Sekundärheizraum sind dem Fachmann für Verkokungstechnik bekannt. Diese Bauart wird beispielhaft ausführlich beschrieben in dem Artikel von Walter Buss et al., „Thyssen Still Otto/PACTI Non-recovery coke making system“, Iron and Steel Engineer, Association of Iron and Steel Engineers, Pittsburgh, USA, Band 76, Nr. 1, Januar 1999, Seite 33–38. Eine Koksofenbank aus Koksofen, welche zur Verkokung von Kohlen mit hohen Treibdrücken geeignet sind, gibt beispielhaft die WO2011107198A1. Bei der Beheizung erreicht der Petrolkohlekuchen eine geschätzte Temperatur von 900 bis 1100°C.

[0016] Durch die Beheizung über dem verdichteten Petrolkohlekuchen wird die Petrolkohle so erhitzt, dass sich ein Koks von der gewünschten Qualität ergibt, wobei der Anteil an flüchtigen Bestandteilen in der Petrolkohle in Form von rohem Verkokungsgas aus der Charge aufsteigt. Ein Teil der ausgegasteten Bestandteile wird dabei zunächst unter Zugabe von Luft im Primärheizraum zumindest zeitweise zur Wärmeerzeugung unterstöchiometrisch verbrannt. Das teilverbrannte Abgasgemisch wird dann über die seitlichen Gaskanäle der Koksofenkammer abgeführt, und durch weitere Verbrennung im Sekundärheizraum vollständig verbrannt. Durch den in der Petrolkohle enthaltenen Flüchtigengehalt wird die Petrolkohle damit auch von unten erhitzt, so dass die Beheizung des Petrolkohlekuchens, klammert man die seitlichen Türbereiche aus, von allen Seiten erfolgt und eine gleichmäßige Verkokungsqualität erzielt wird.

[0017] Die Qualität des erhaltenen Kokes kann wie beschrieben bestimmt werden, wobei CSR-Festigkeitswerte von mindestens 44% und einem CRI-Reaktivitätswert von weniger als 33% erhalten werden. Voraussetzung ist die Verwendung einer Petrolkohlecharge, welche einen Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einem Ascheanteil von weniger als 2 Gewichtsprozent, bezogen auf die wasser- und aschefreie Petrolkohlecharge, besitzt.

[0018] Es ist auch möglich, eine Petrolkohle zu verwenden, deren Gehalt an flüchtigen Bestandteilen genauer bestimmt wird. In einer Ausführungsform der Erfindung beträgt der Flüchtigengehalt der Petrolkohle 16 bis 18 Gewichtsprozent. Dadurch wird der Prozess besser steuerbar.

[0019] Zur Ausführung der Erfindung kann der Petrolkohlekuchen prinzipiell von allen Seiten erhitzt

werden, so dass dieser die gewünschte Temperatur erreicht. In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Beheizung des Koksofens so ausgeführt, dass die Brennerflamme horizontal in den Gasraum über der Petrolkohlecharge, den sogenannten Primärheizraum, eingeleitet wird. Hierzu sitzt in einer vorteilhaften Ausführungsform in der Wand über der Koksofenkammertür mindestens ein durch einen Brenner mit einem heißen Gas oder Verbrennungsgas beaufschlagtes Brennerrohr, welches durch eine Öffnung im Gasraum über der Petrolkohle mündet, wodurch dieser Raum mit Heißgas erhitzt wird. Durch die horizontale Anordnung der Brennröhre oberhalb der Charge wird gewährleistet, dass das einströmende Gas oberhalb des Petrolkohlekuchens in die Primärheizkammer einströmt und dadurch der direkte Kontakt zwischen der Kohleoberfläche und der Verbrennungsluft, und damit der unerwünschte Kohle- oder Koksabbrand vermindert wird. Gleichzeitig wird ein vertikaler Abstand des eingeführten Brennrohrs zur Oberkante der Charge von mehr als 100 mm eingestellt, damit die oberen Petrolkohleschichten nicht verbrennen.

[0020] Im Rahmen der Erfindung ist es beispielsweise auch möglich, die Petrolkohle durch weitere Brenner, die im Sekundärheizraum unter der Petrolkohle angeordnet sind, zu erhitzen. In einer weiteren Ausführungsform wird die alleinige oder gleichzeitige Anordnung mindestens eines Brenners an den seitlichen Stirnöffnungen des Sekundärheizraumes beansprucht, wodurch die Temperatur auch dieses Heizraumes angehoben und damit eine Verstärkung der Beheizung der Charge von unten bewirkt wird. Es ist schliesslich auch möglich, den Deckenöffnungen der Koksofenkammer für eine Beheizung zu nutzen. Auch eine wandbeheizte Bauart eines Koksofens, wie diese beispielsweise offenbart wird in der US4045299A, ist zur Ausführung denkbar, wenngleich sie für die vorliegende Erfindung nicht erprobt wurde.

[0021] Die Beheizung kann mit der Belüftung und Druckregelung der Koksofenkammer beispielhaft so eingestellt werden, dass sich in der Koksofenkammer ein Überdruck von 0,01 bis 20 mbar einstellt. Dies kann durch eine entsprechende Regelung des Brenners und der Lüftungsklappen erreicht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Beheizung so mit der Belüftung und Druckregelung eingestellt, dass sich in der Koksofenkammer ein Überdruck von 0,1 bis 10 mbar einstellt.

[0022] Zur Beheizung der Koksofenkammer kann beispielhaft Erdgas als Heizgas verwendet werden. Zur Beheizung der Koksofenkammer können aber auch Flüssiggas, Koksofengas, Hochofengichtgas, oder Konvertergas als Heizgas verwendet werden. Zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es auch möglich, zur Beheizung ein Gemisch

mindestens zweier Gase aus der Gruppe der Gase Erdgas, Flüssiggas, Koksofengas, Hochofengichtgas oder Konvertergas in beliebigem Anteil zu verwenden. Die Wahl eines geeigneten Heizgases hängt von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise von der Verfügbarkeit ab.

[0023] Die Einstellung des Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen in der vorgelegten Petrolkohle ist wichtig, um die gewünschte CSR-Festigkeit und CRI-Reaktivität des Koksproduktes zu erreichen, und um mit der Heizleistung durch die ausgasenden Bestandteile eine gewünschte Beheizbarkeit sicherzustellen. In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit Steinkohle als Zusatzstoff gemischt, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt. In einer weiteren Ausführungsform wird die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit Bitumen als Zusatzstoff gemischt, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt. In einer weiteren Ausführungsform wird die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit einer Ölsorte als Zusatzstoff gemischt, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt. Das dadurch erhaltene Koksprodukt besitzt eine CSR-Festigkeit von mehr als 44% und eine CRI-Reaktivität von weniger als 33%.

[0024] Die eingesetzte Petrolkohle besitzt zudem, bedingt durch die Verfahrensschritte, bei welchen diese anfällt, einen Ascheanteil, welcher unter 2 Gewichtsprozent liegt. Dieser reicht in der Regel gerade aus, um die Petrolkohle bei der Verkokung vor einem übermäßigen Abbrand durch Verbrennung zu schützen. Um eine ausreichende Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sicherzustellen, ist es jedoch häufig erforderlich, zusätzliche Maßnahmen vor einem unerwünschten Abbrand des Petrolkokes zu ergreifen. Es ist hierzu auch möglich, den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen etwas höher zu wählen, wenn der Petrolkohle Zusatzstoffe beigemischt werden, die einen hemmenden Einfluss auf die Verbrennung der Petrolkohle besitzen.

[0025] Auch der Ascheanteil kann höher gewählt werden, wenn der Petrolkohle ein Zusatzstoff zugegeben wird, der einen Einfluss auf das Abbrandverhalten der Petrolkohle ausübt. Der Ascheanteil hat die Aufgabe, eine unerwünschte Verbrennung der Petrolkohle zu vermeiden. In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Petrolkohlemischung mit Asche als Zusatzstoff versetzt, so dass der Ascheanteil zwischen 2 und 12 Gewichtsprozent, vorzugsweise 2 bis 6 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Gesamtmischung, eingestellt wird, und diese Mischung wird gemahlen und klassiert, wobei eine

Fraktion mit einer Korngrößenverteilung d von $0,5 < d < 3$ mm erhalten wird, und die klassierte Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird. Das Mahlen und Klassieren ist notwendig, damit die Asche in dem Produkt so verteilt wird, dass sich die erreichte CSR-Festigkeit und CRI-Reaktivität nicht nachteilig verändern.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform wird die Petrolkohlemischung mit aschehaltiger Kohle als Zusatzstoff versetzt, so dass der Ascheanteil zwischen 2 und 12 Gewichtsprozent, vorzugsweise 2 bis 6 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Gesamtmischung, eingestellt wird, und diese Mischung wird gemahlen und klassiert, wobei eine Fraktion mit einer Korngrößenverteilung d von $0,5 < d < 3$ mm erhalten wird, und die klassierte Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird. Auch die Petrolkohlemischung kann vor der Zumischung der Zusatzstoffe oder nach der Zumischung der Zusatzstoffe ganz oder teilweise in einer Mahlvorrichtung gemahlen werden, so dass sich eine durchschnittliche Korngröße der Rückstandsfraktion von weniger als 3 mm ergibt. Der Mahlvorgang kann auch für eine Teilfraktion der Gesamtmischung durchgeführt werden. Bevorzugt sind dabei Teilfraktionen von 70 bis 95 Gewichtsanteil und besonders bevorzugt von 80 bis 90 Gewichtsanteil.

[0027] Es ist im Rahmen der Erfindung auch möglich, den Wassergehalt der eingesetzten Petrolkohle durch Zugabe von Wasser zu verändern. Die Zugabe von Wasser kann die Stabilität des Petrolkohlekuchens verbessern. In einer Ausführungsform der Erfindung wird der Gesamtwassergehalt der Einsatzmischung durch Zugabe von flüssigem Wasser auf 7 bis 11,5 Gewichtsprozent eingestellt, und diese Mischung wird zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben. Die Zugabe des Wassers kann direkt erfolgen, aber auch durch Besprühen oder Eintauchen.

[0028] Die Einsatzmischung kann im Rahmen der Erfindung vor dem Einsatz mit einer beliebig gearbeteten Verdichtungs Vorrichtung kompaktiert werden, so dass die Dichte der Einsatzmischung $0,8 \text{ t/m}^3$ bis $1,225 \text{ t/m}^3$ beträgt. Der Verdichtungs Vorgang kann im Allgemeinen durch Press-, Stempel-, Hämmer- oder Rüttelverfahrensschritte erfolgen, die auch kombiniert zur Ausführung kommen können. Bevorzugt wird die Einsatzmischung vor dem Einsatz mit einer Stempelvorrichtung so kompaktiert, dass die Dichte der Einsatzmischung $1,0 \text{ t/m}^3$ bis $1,150 \text{ t/m}^3$ beträgt.

[0029] Zur Beeinflussung des Verkokungsvorganges kann vor Beginn der Beheizung eine verbrennungsinerte Trennschicht auf die Oberfläche des Ofenbesatzes aufgebracht werden. Diese besteht

beispielhaft aus Koks. In einer weiteren Ausführungsform besteht diese verbrennungsinerte Trennschicht aus Kohle. Schließlich kann diese verbrennungsinerte Trennschicht auch aus Asche oder Sand bestehen. Schließlich kann diese verbrennungsinerte Trennschicht aus kohlenstoffhaltigem Grus beispielsweise als Kohle- oder Koksgrus mit einer Korngröße von weniger als 25 mm bestehen.

[0030] In einer Ausführungsform der Erfindung beträgt die Schichtdicke der Trennschicht 0,2 cm bis 25 cm. Die Trennschicht kann beliebig aufgebracht werden. So ist es beispielsweise möglich, die Trennschicht mit einer Kohlekompaktiermaschine, die eine auf oder zwischen den Stempeln angeordnete Zugabeöffnung enthält, auf das Kohlekompaktat aufzubringen. Hierzu ist eine Kohlekompaktiereinrichtung erforderlich, welche oberhalb der Charge mindestens einen Stempel mit einer Zugabeeinrichtung enthält. Kohlekompaktiermaschinen, welche mit Stempeln, Hämmer-, Rüttel- und Pressvorrichtungen zur Kompaktierung versehen sind, gehören zum Stand der Technik und werden beispielhaft beschrieben in der WO2010102714A2.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform wird der Zusatzstoff in dem Kohlevorratsbunker in einem speziellen Schacht gelagert, aus welchem bei der Beladung der Kompaktate der Zusatzstoff in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine gegeben wird. Die Zugabe des Zusatzstoffes kann in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine mittels eines Schneckenförderers erfolgen. Die Zugabe des Zusatzstoffes in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine kann somit auch mittels eines Schiebersystems, eines Kettenfördersystems, einer Freifall- oder einer Rutscheinrichtung erfolgen. Die Trennschicht kann auch nachträglich außerhalb der Kompaktiereinrichtung auf die Oberfläche der Charge aufgeschüttet werden.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Einsatzmischung mit den Zusatzstoffen in vier aufeinanderfolgenden Mischungsbunkern, in denen ein Mahlen und Vermischen des Mahlgutes erfolgt, gemischt. Das Mahlen und Vermischen kann auch mehrstufig erfolgen. Die Einsatzmischung kann auch vorgewärmt werden. So ist es beispielsweise möglich, die Temperatur der Einsatzmischung vor dem Befüllen in den Koksofen in einem beheizbaren Behälter durch Vorheizen auf 120 bis 250°C einzustellen.

[0033] Der erhaltene metallurgische Koks aus der Petrolkohle kann beliebig weiterverwendet werden. Insbesondere kann dieser als Hochofenkoks eingesetzt werden. Er kann aber auch in der Buntmetallurgie zur Herstellung von Metallen oder zur Elektrodenherstellung verwendet werden.

[0034] Beansprucht wird auch eine Vorrichtung, mit der das erfindungsgemäße Verfahren ausführbar ist. Beansprucht wird insbesondere ein Koksofen zur Kokserzeugung aus in der Erdöl verarbeitenden Industrie anfallender Petrolkohle, welcher

- nach dem Bauprinzip einer „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“-Koksofenbank aufgebaut ist, welche eine Koksofenkammerbreite von 2 bis 6 Metern und eine Koksofenkammerlänge von 10 bis 20 m besitzt, so dass bei einer Höhe von 2 m das Volumen der Koksofenkammer 40 bis 240 m³ beträgt, und
- der Koksofen einen gemauerten Gewölbescheitel besitzt, welcher mit der darunterliegenden Koksofenkammer einen sich im befüllten Zustand über dem Kohlekuchen vorhandenen Gasraum als primären Heizraum zu bilden vermag, und
- der Koksofen mit seitlichen Abgaskanälen und einem unterhalb der Kohle befindlichen Sekundärheizraum ausgestattet ist, und
- die Koksofenkammer mit einem Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter und einer Befüllmaschine ausgerüstet ist, welche die Koksofenkammer aus dem Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter zu befüllen vermag, und welche dadurch gekennzeichnet ist, dass
- die Beheizung der Koksofenkammer mit externen Brennern erfolgt, welche den Primärheizraum beheizen, und die Brenner über Sammelleitungen entlang der Koksofenkammerfront und regelbaren Abzweigungen in die Brenner mit einem Heizgas und einem sauerstoffhaltigen Gas versorgt werden.

[0035] Die externen Brenner können an der Koksofenkammer beliebig angeordnet sein, um eine Beheizung des Primärheizraumes zu ermöglichen. Diese können einzeln oder mehrzählig je Koksofenkammer angeordnet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform sitzen der oder die Brenner jedoch auf mindestens einer Seite der Koksofenkammer in der koksofenkammertümfassenden Wand über der Koksofenkammertür, und beheizen den Primärheizraum durch eine sich in der koksofenkammertümfassenden Wand befindliche Öffnung. Durch diese Öffnung wird das Mündungssegment des Brennröhres in den Gasraum geführt.

[0036] Hierzu sitzen der oder die Brenner auf mindestens einer Seite der Koksofenkammer in der koksofenkammertümfassenden Wand über der Koksofenkammertür, und beheizen den Primärheizraum durch eine sich in der koksofenkammertümfassenden Wand befindlichen Öffnung, wobei in einer vorteilhaften Ausführungsform ein vertikaler Abstand zwischen der Brennermündung und der Oberkante der Petrolkohlecharge von mehr als 100 mm eingestellt wird. Eine Anordnung der Brenner auf der Decke der Koksofenkammer wiederum ist platzsparend.

[0037] In einer Ausführungsform der Erfindung besteht die Brennerrohrmündung oder die Brennerrohrmündungen aus einem hitzebeständigen Stahl. In einer weiteren Ausführungsform besteht die Brennerrohrmündung oder die Brennerrohrmündungen aus einem feuerfesten Keramikmaterial. Dies kann an einem oder an mehreren Brennern vorhanden sein, wenn eine Mehrzahl von Brennern installiert ist.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der erfindungsgemäße Koksofen mit einer weiteren Mehrzahl von Koksöfen zu einer Koksofenbank zusammengefasst, und die Sammelleitung verläuft entlang der Koksofenkammerfront der Koksofenbank. Die Zusammenfassung von Koksöfen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ zu Koksofenbänken ist dem Fachmann für Kokereitechnik geläufig.

[0039] Auch der Sekundärheizraum kann mit einem oder mehreren externen Brennern beheizt werden, welche über eine Sammelleitung entlang der Koksofenkammerfront mit einem Heizgas und einem sauerstoffhaltigen Gas versorgt werden, wobei regelbare Abzweigungen in die Brenner münden. In einer Ausführungsform der Erfindung sind der oder die Brenner als Gebläsebrenner geartet. Die Sammelleitung kann sich zur Ausführung beispielhaft auf der Koksofenkammerdecke befinden. Die Sammelleitung kann sich auch unterhalb der Plattform für die Koksofenbedienmaschine oder entlang der Ankerständer montiert befinden. Schließlich kann die Sammelleitung beliebig angeordnet sein, um die Versorgung des oder der Brenner sicherzustellen.

[0040] Die Regelung der Abzweigung oder der Abzweigungen kann beispielhaft über einen Hahn, einen Schieber, eine Düse, eine Klappe oder einer Blende erfolgen. In einer Ausführungsform der Erfindung enthält die Koksofenbank eine Druckregelstation, in der das Heizgas auf den erforderlichen Druck gedrosselt wird, so dass dieses von der Druckregelstation über die Sammelleitung in die Brenner gegeben wird, und direkt für die Brenner mit dem richtigen Druck bereitgestellt wird.

[0041] Beansprucht wird auch eine Kompaktiereinrichtung zur Kompaktierung von Kohle, welche zur Aufbringung einer Trennschicht auf Kohlekompaktate bei der Herstellung der Kompaktate geeignet ist. Eine geeignete Kompaktiereinrichtung, welche zur Herstellung dieser Vorrichtung genutzt werden kann, beschreibt die Lehre WO2010102714A2. Diese besteht aus sechs Stempeln, die als Seitenflächen bei der Bildung von Kompaktaten durch eine Pressvorrichtung verwendet werden. Die Stempel werden in einer Ausführungsform der Erfindung hydraulisch betrieben. Eine geeignete Kompaktiereinrichtung kann auch aus einer Rüttelvorrichtung gebildet werden. Zur Bildung der erfindungsgemäßen Kompaktierein-

richtung wird der obere Stempel oder die obere Platte der Rüttelvorrichtung der Kompaktiereinrichtung aus der WO2010102714A2 mit einer Schütteinrichtung versehen, durch die ein Zusatzstoff auf die Oberfläche des Kompaktates gegeben werden kann, so dass sich auf der Oberfläche der kompaktierten Einsatzmischung beim Kompaktieren eine weitere Schicht eines durch die Schütteinrichtung zugegebenen Zusatzstoffes herausbildet.

[0042] Beansprucht wird auch eine Koksofenbank, welche aus den erfindungsgemäßen Koksöfen aufgebaut ist, und welche mit dieser Kompaktiereinrichtung ausgestattet ist.

[0043] Zur Anwendung kommt das erfindungsgemäße Verfahren hauptsächlich in Koksofenbänken, welche aus den erfindungsgemäßen Koksofenkammern mit Zusatzeinrichtungen aus dem Stand der Technik gebildet werden. Hierzu gehören beispielsweise 1 bis 10 Sortenbunker, in denen die verschiedenen Petrolkohleeinsatzmischungen gelagert werden. Hierzu gehören beispielsweise auch 1 bis 4 Mahlvorrichtungen, 1 bis 4 Siebvorrichtungen, oder 1 bis 4 Mischbunker, in denen die Petrolkohle, die Zusatzstoffe, oder die Gesamteinsatzmischung gelagert, klassiert oder gemischt werden. Die Koksofenbänke können auch mit einer Kompaktiereinrichtung versehen sein.

[0044] Die Erfindung besitzt den Vorteil, für eine in Erdölraffinerien und in der Mineralöl verarbeitenden Industrie anfallende Petrolkohle, welche eine Petrolkoksfraktion mit einem Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent darstellt, eine wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeit bereitzustellen, indem daraus ein Koks hergestellt wird, welcher eine CSR-Festigkeit von mehr als 44% und eine CRI-Reaktivität von weniger als 33% besitzt, so dass sich dieser im Gegensatz zu verkoktem Petrolkoks in einem Hochofenprozess oder in Verhüttungsprozessen zur Herstellung von Metallen einsetzen lässt.

Beispiele

[0045] Im Folgenden werden analytische Methoden für Petrolkoks beschrieben, welche zur Bereitstellung einer Petrolkohle dienen, die als Ausgangspetrolkohle für das erfindungsgemäße Verfahren fungiert.

1. Flüchtigengehalt. Die Bestimmung des Flüchtigengehaltes des Petrolkoks erfolgt beispielhaft nach DIN 51720. Gemessen wird der Anteil des Rückstandes, welcher nach Erhitzen der Kohle innerhalb von 7 Minuten auf 900°C unter Vakuum verbleibt. Ein Verfahren zur raschen Bestimmung des Flüchtigengehaltes von Kohle gibt die US6074205A.

2. Aschegehalt. Die Bestimmung des Aschegehaltes erfolgt beispielhaft nach DIN 51719. Gemessen wird der Anteil des Rückstandes, welcher nach Verbrennung der Kohle im Ofen bei 815°C ver-

bleibt. Ein Verfahren zur raschen Bestimmung des Aschegehaltes in Kohle gibt die DE3120064A1.

3. Festigkeit des Koks. Die Festigkeit von Koks wird durch den sogenannten CSR-Test bestimmt. CSR steht dabei für den englischen Begriff „Coke Strength after Reaction“. Gemessen wird das prozentuale Gewicht des Rückstandes, welcher aus einem 200 g-Prüfblock Koks nach Erhitzen unter 1 bar Kohlendioxid (CO₂) für 2 Stunden auf 1100°C und nachfolgender Behandlung in einer Drehtrommel bei 600 Umdrehungen pro Minute (min⁻¹) für 30 Minuten erhalten wird. Diese Prüfmethode wird heute allgemein anerkannt, ist standardisiert und wird beispielhaft beschrieben in der EP0738780B2.

4. Reaktivität des Koks. Die Reaktivität von Koks wird durch den sogenannten CRI-Test bestimmt. CRI steht dabei für den englischen Begriff „Coke Reactivity Index“ und beschreibt die chemische Reaktivität des Koks. Gemessen wird das prozentuale Gewicht des Rückstandes, welcher aus einem 200 g-Prüfblock Koks nach Erhitzen unter 1 bar Kohlendioxid (CO₂) für 2 Stunden auf 1100°C erhalten wird. Der erhaltene Wert wird CRI-Reaktivität genannt. Je kleiner der erhaltene Wert ist, desto geringer ist die Reaktivität. Diese Methode ist einfach und schnell durchzuführen und der Kennwert CRI erlaubt eine gute Korrelation zum Verhalten des Koks in einem Hochofenprozess. Diese Prüfmethode wird heute allgemein anerkannt, ist standardisiert durch ISO 18894, und wird beispielhaft beschrieben in der EP1142978A1.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 0010914 A1 [0007]
- WO 2011107198 A1 [0015]
- US 4045299 A [0020]
- WO 2010102714 A2 [0030, 0041, 0041]
- US 6074205 A [0045]
- DE 3120064 A1 [0045]
- EP 0738780 B2 [0045]
- EP 1142978 A1 [0045]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Stukov et al., "Increasing the Strength of Metallurgical Petroleum Coke to the Coking Batch", Coke and Chemistry, 2009, Vol. 52, No. 8, pp. 349–352 [0008]
- Walter Buss et al., "Thyssen Still Otto/PACTI Non-recovery coke making system", Iron and Steel Engineer, Association of Iron and Steel Engineers, Pittsburgh, USA, Band 76, Nr. 1, Januar 1999, Seite 33–38 [0015]
- DIN 51720 [0045]
- DIN 51719 [0045]
- ISO 18894 [0045]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von metallurgischem Koks aus in der Erdöl verarbeitenden Industrie anfallender Petrolkohle, wobei

- Petrolkoks aus petrochemischen Prozessen einer Analyse des Flüchtigengehaltes und des Aschegehaltes unterzogen wird, so dass sich dieser in Chargen mit einem bekannten Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und Aschegehalt sortieren lässt, und
- eine Petrolkohlecharge mit einem Flüchtigengehalt von 15 bis 19 Gewichtsprozent und einem Ascheanteil von weniger als 2 Gewichtsprozent, bezogen auf die wasser- und aschefreie Petrolkohlecharge, aussortiert wird, und in einen Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird, und
- diese Petrolkohlefraktion aus dem Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter durch Befüllmaschinen zunächst in eine Kompaktiereinrichtung zur Verdichtung und anschließend in einen Koksofen mit den Abmessungen der Bauart „Non-Recovery“ oder „Heat-Recovery“ zur zyklischen Verkokung gegeben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- der Koksofen mit mindestens einem fremd beheizten Brenner zur Beheizung des Primärheizraums oberhalb des Petrolkohlekuchens oder zur Beheizung des Sekundärheizraumes unterhalb der Koksofenkammer oder beidem ausgestattet ist, durch den die Petrolkohle in der Koksofenkammer mit einem Heizgas auf eine Temperatur von 1000°C bis 1550°C innerhalb einer Zeitperiode von weniger als 120 h beheizt wird, so dass ein metallurgischer Koks mit einem CSR-Festigkeitswert von mindestens 44% und einem CRI-Reaktivitätswert von weniger als 33% erhalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüchtigengehalt der Petrolkohle vor der Verkokung 16 bis 18 Gewichtsprozent beträgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beheizung in dem Koksofen ausgeführt wird, indem die Brennerflamme in den Gasraum über der Petrolkohlecharge eingeleitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Koksofen mit mindestens einem fremd beheizten Brenner zur Beheizung des Sekundärheizraums unterhalb des Petrolkohlekuchens ausgestattet ist, durch den der Petrolkohlekuchen beheizt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beheizung in dem Koksofen ausgeführt wird, indem die Brennerflamme in den Gasraum unterhalb der Petrolkohlecharge eingeleitet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beheizung so mit der Belüftung und Druckregelung eingestellt wird, dass sich in der Koksofenkammer ein Überdruck von 0,01 bis 20 mbar einstellt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beheizung so mit der Belüftung und Druckregelung eingestellt wird, dass sich in der Koksofenkammer ein Überdruck von 0,1 bis 10 mbar einstellt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung Erdgas als Heizgas verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung Flüssiggas als Heizgas verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung Koksofengas als Heizgas verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung Hochofengichtgas als Heizgas verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung Konvertergas als Heizgas verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beheizung ein Gemisch mindestens zweier Gase aus der Gruppe der Gase Erdgas, Flüssiggas, Koksofengas, Hochofengichtgas oder Konvertergas in beliebigem Anteil verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit Steinkohle als Zusatzstoff gemischt wird, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit Bitumen als Zusatzstoff gemischt wird, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung vor der Mahlung mit einer Ölsorte als Zusatzstoff gemischt wird, so dass sich ein Flüchtigengehalt zwischen 19 und 25 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Einsatzmischung, einstellt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung mit Asche als Zusatzstoff versetzt wird, so dass der Ascheanteil zwischen 2 und 12 Gewichtsprozent, bezogen auf die trockene Gesamtmischung, eingestellt wird, und diese Mischung vor der Verkokung gemahlen und klassiert wird, wobei eine Fraktion mit einer Korngrößenverteilung d von $0,5 < d < 3$ mm erhalten wird, und die klassierte Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung mit aschehaltiger Kohle als Zusatzstoff versetzt wird, so dass der Ascheanteil zwischen 2 und 12 Gewichtsprozent bezogen auf die trockene Gesamtmischung, eingestellt wird, und diese Mischung vor der Verkokung gemahlen und klassiert wird, wobei eine Fraktion mit einer Korngrößenverteilung d von $0,5 < d < 3$ mm erhalten wird, und die klassierte Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Petrolkohlemischung mit aschehaltiger Kohle als Zusatzstoff versetzt wird, so dass der Ascheanteil zwischen 2 und 6 Gewichtsprozent bezogen auf die trockene Gesamtmischung, eingestellt wird, und diese Mischung vor der Verkokung gemahlen und klassiert wird, wobei eine Fraktion mit einer Korngrößenverteilung d von $0,5 < d < 3$ mm erhalten wird, und die klassierte Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Petrolkohlemischung vor oder nach der Zumischung der Zusatzstoffe ganz oder teilweise in einer Mahlvorrichtung gemahlen wird, so dass sich eine durchschnittliche Korngröße der Rückstandsfraction von weniger als 3 mm ergibt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der der Gesamtwassergehalt der Einsatzmischung durch Zugabe von flüssigem Wasser auf 7 bis 11,5 Gewichtsprozent eingestellt wird, und diese Mischung zur weiteren Verkokung in den Kohlevorratsbunker oder Kohlelagerbehälter gegeben wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsatzmischung vor dem Einsatz mit einer Verdichtungs Vorrichtung kompaktiert wird, so dass die Dichte der Einsatzmischung $0,8 \text{ t/m}^3$ bis $1,225 \text{ t/m}^3$ beträgt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsatzmischung

vor dem Einsatz mit einer Stempelvorrichtung kompaktiert wird, so dass die Dichte der Einsatzmischung $1,0 \text{ t/m}^3$ bis $1,150 \text{ t/m}^3$ beträgt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass vor Beginn der Beheizung eine verbrennungsinerte Trennschicht auf die Oberfläche des Ofenbesatzes aufgebracht wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass diese verbrennungsinerte Trennschicht aus Koks besteht.

26. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass diese verbrennungsinerte Trennschicht aus Kohle besteht.

27. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass diese verbrennungsinerte Trennschicht aus kohlenstoffhaltigem Grus mit einer Korngröße von weniger als 25 mm besteht.

28. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass diese verbrennungsinerte Trennschicht aus Asche oder Sand besteht.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke der Trennschicht 0,2 cm bis 25 cm beträgt.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht mit einer Kohlekompaktiermaschine, die eine auf dem oberen Stempel oder der oberen Platte hierfür vorgesehene Zugabeöffnung enthält, auf das Kohlekompaktat aufgebracht wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzstoff in dem Kohlevorratsbunker in einem speziellen Schacht gelagert wird, aus welchem bei der Beladung der Zusatzstoff in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine gegeben wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Zusatzstoffes in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine mittels eines Schneckenförderers erfolgt.

33. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Zusatzstoffes in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine mittels eines Schiebersystems erfolgt.

34. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Zusatzstoffes in die dafür vorgesehene Öffnung der Kohlekompaktiermaschine mittels eines Kettenfördersystems erfolgt.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsatzmischung mit den Zusatzstoffen in bis zu vier aufeinanderfolgenden Mischungsbunkern, in denen ein mehrstufiges Mahlen und Vermischen des Mahlgutes erfolgt, gemischt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die die Temperatur der Einsatzmischung vor dem Befüllen in den Koksofen in einem beheizbaren Behälter auf 120°C bis 250°C vorgeheizt wird.

37. Koksofen zur Kokserzeugung aus in der Erdöl verarbeitenden Industrie anfallender Petrolkohle, welcher

- nach dem Bauprinzip einer „Heat-Recovery“-Koksofenbank aufgebaut ist, welche eine Koksofenkammerbreite von 2 bis 6 Metern und eine Koksofenkammerlänge von 10 bis 20 m besitzt, so dass bei einer Höhe von 2 m das Volumen der Koksofenkammer 40 bis 240 m³ beträgt, und
- der Koksofen einen gemauerten Gewölbescheitel besitzt, welcher mit der darunterliegenden Koksofenkammer einen sich im befüllten Zustand über dem Kohlekuchen vorhandenen Gasraum als primären Heizraum zu bilden vermag, und
- der Koksofen mit seitlichen Abgaskanälen und einem darunterliegenden Sekundärheizraum ausgestattet ist, und
- die Koksofenkammer mit einem Kohlevorratsbunker oder Kohlevorratsbehälter und einer Befüllmaschine ausgerüstet ist, welche die Koksofenkammer aus dem Kohlevorratsbunker oder Kohlevorratsbehälter zu befüllen vermag, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Beheizung der Koksofenkammer mit externen Brennern erfolgt, welche den Primärheizraum beheizen, und die Brenner über Sammelleitungen entlang der Koksofenkammerfront und regelbaren Abzweigungen in die Brenner mit einem Heizgas und einem sauerstoffhaltigen Gas versorgt werden.

38. Koksofen nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Brenner auf mindestens einer Seite der Koksofenkammer in der koksofenkammertümfassenden Wand über der Koksofenkammertür sitzen, und den Primärheizraum durch eine sich in der koksofenkammertümfassenden Wand befindlichen Öffnung beheizen, wobei ein vertikaler Abstand zwischen der Brennerrohrmündung und der Oberkante der Charge von mehr als 100 mm eingestellt wird.

39. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennerrohrmündung aus einem hitzebeständigem Stahl besteht.

40. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennerrohr-

mündung aus einem feuerfesten Keramikmaterial besteht.

41. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass der Koksofen mit einer weiteren Mehrzahl von Koksöfen zu einer Koksofenbank zusammengefasst wird, und die Sammelleitung entlang der Koksofenkammerfront der Koksofenbank verläuft.

42. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass auch der Sekundärheizraum mit einem externen Brenner beheizt wird, und dieser über eine Sammelleitung entlang der Koksofenkammerfront mit einem Heizgas und einem sauerstoffhaltigen Gas versorgt wird, welche über eine regelbare Abzweigung in den Brenner mündet.

43. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Brenner als Gebläsebrenner geartet sind.

44. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Sammelleitung auf der Koksofenkammerdecke befindet.

45. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Sammelleitung unterhalb der Plattform für die Koksofenbedienmaschine befindet.

46. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der Abzweigung oder der Abzweigungen über einen Hahn, einen Schieber, eine Klappe, eine Düse oder eine Blende erfolgt.

47. Koksofen nach einem der Ansprüche 37 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Koksofenbank eine Druckregelstation enthält, in der das Heizgas auf den erforderlichen Druck gedrosselt wird, und so von der Druckregelstation über die Sammelleitung in die Brenner gegeben wird.

48. Kompaktiereinrichtung zur Kompaktierung von Kohle, welche aus bis zu acht Stempeln besteht, wobei die Stempel zur Bildung von Kompaktaten durch eine Verdichtungsrichtung verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompaktiereinrichtung eine Schütteinrichtung enthält, durch die ein Zusatzstoff auf die Oberfläche des Kompaktates gegeben werden kann, so dass sich auf der Oberfläche der kompaktierten Einsatzmischung beim Kompaktieren eine weitere Schicht eines durch die Schütteinrichtung zugegebenen Zusatzstoffes herausbildet.

49. Kompaktiereinrichtung zur Kompaktierung von Kohle nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompaktiereinrichtung zur Bildung

von Kompaktaten eine hydraulische Pressvorrichtung enthält.

50. Kompaktiereinrichtung zur Kompaktierung von Kohle nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompaktiereinrichtung, welche zur Bildung von Kompaktaten genutzt wird, durch eine Rüttelvorrichtung gebildet wird.

51. Koksofenbank nach einem der Ansprüche 37 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass diese mit einer Kompaktiereinrichtung nach einem der Ansprüche 48 bis 50 ausgestattet ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen