

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. November 2007 (29.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/134789 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/004402

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Mai 2007 (16.05.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 023 259.3 18. Mai 2006 (18.05.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ALZCHEM HART GMBH** [DE/DE]; Fabrikstrasse
6, 84579 Unterneukirchen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAUMANN,
Leonhard** [DE/DE]; Hansbauer 2, 84556 Kastl (DE).
MÖLLER, Roland [DE/DE]; Hauptstr. 65, 63546 Ham-
mersbach (DE). **HOLZRICHTER, Klaus** [DE/DE];
Dr.-Albert-Frank-Str. 45, 83308 Trostberg (DE).
SALZINGER, Josef [DE/DE]; Mörmooßen 28, 84577
Tüßling (DE).

(74) Anwälte: **WEICKMANN & WEICKMANN** usw.; Post-
fach 860 820, 81635 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.*

(54) Title: USE OF RESIDUAL MATTER AND/OR WASTE IN ELECTRIC LOW-SHAFT FURNACES

(54) Bezeichnung: VERWENDUNG VON REST- UND/ODER ABFALLSTOFFEN IN ELEKTRONIEDERSCHACHTÖFEN

(57) Abstract: Disclosed is the use of residual matter and/or waste as useful materials in electric low-shaft furnaces, said residual matter and/or waste being utilized for heating and/or as a carbon source. The low-shaft furnace used generally comprises a cover as well as at least one hollow electrode for introducing the starting materials. The residual matter and/or waste can be trash, industrial residues, or organic residue and refuse that is difficult to dispose of, such as medicaments, electronic scrap, high-calorie materials, and/or materials that pose a health hazard and can be halogenated. Said residual matter and/or waste preferably has a maximum particle diameter of 100 mm and is introduced particularly in a compact or extruded form into the furnace bed via the hollow electrode. Up to 95 percent of the residual matter and/or waste are converted into pyrolysis gases at furnace temperatures ranging from 1700 to 2500°C, and the obtained carbon is used as a carbon source, thus making it possible to significantly reduce the amount of energy required for producing calcium carbide, ferrosilicon, ferrochromium, etc.

(57) Zusammenfassung: Beansprucht wird die Verwendung von Rest- und/oder Abfallstoffen als Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtofen, wobei die Rest- und/oder Abfallstoffe zur thermischen Verwertung und/oder als Kohlenstoffquelle eingesetzt werden. Der für diese Verwendung in Frage kommende Niederschachtofen liegt meist in gedeckelter Form vor und weist mindestens eine Hohlelektrode zum Einbringen der Ausgangsstoffe auf. Bei den Rest- und/oder Abfallstoffen sollte es sich um Siedlungsabfälle oder Gewerberückstände handeln, oder aber alternativ um organische und schwer entsorgbare Reststoffe, wie Arzneimittel, Elektronikschrott, hochkalorische und/oder gesundheitsgefährdende Stoffe, die auch halogeniert sein können. Diese Rest- und/oder Abfallstoffe mit einem bevorzugten Teilchendurchmesser bis 100 mm sollten insbesondere in kompakter oder extrudierter Form über die Hohlelektrode in die Ofenschüttung eingebracht werden. Bei Ofentemperaturen zwischen 1700 und 2500 °C werden die Rest- und/oder Abfallstoffe bis zu 95 % in Pyrolysegase umgewandelt und der erhaltene Kohlenstoff als Kohlenstoffquelle eingesetzt. Auf diese Weise kann die Herstellung von Calciumcarbid, Ferrosilicium, Ferrochrom usw. energetisch deutlich verbessert werden.



WO 2007/134789 A2

- 1 -

Verwendung von Rest- und/oder Abfallstoffen in Elektroniederschachtöfen

5

Beschreibung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung von Rest- und/oder Abfallstoffen als Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtöfen.

- 10 Bei Elektroniederschachtöfen besteht das Ofengefäß bzw. die Ofenwanne aus einem tragenden Element, welches einem Stahlmanteltiegel ähnelt, der mit vertikalen und horizontalen Stahlrippen zur Verstärkung und Kühlung ausgestattet ist. Der Stahltiegel selbst ist am Boden mit einer feuerfesten mineralischen Masse ausgekleidet und seine Wandungen sind durch eine
- 15 feuerfeste Ausmauerung gegen die thermischen Beanspruchungen geschützt. Zusätzlich ist der Boden über der Feuerfestmasse mit Kohlenstoffblöcken ausgekleidet. Der Deckel eines Elektroniederschachtofens besteht typischerweise aus einer wassergekühlten Tragkonstruktion, die zusätzlich feuerfeste
- 20 Ausmauerungselemente enthalten kann. Zur Erzeugung der benötigten hohen Temperaturen weisen Elektroniederschachtöfen so genannte Soederberg-Elektroden auf, bei denen es sich um selbstbrennende und/oder selbstbackende Hohlelektroden handelt. Über diese Elektroden wird dem Ofen der Strom zugeführt und die Rohstoffe werden so bis zur gewünschten
- 25 Reaktionstemperatur erwärmt.

Elektroniederschachtöfen oder elektrische Lichtbogenöfen werden auch zur Herstellung von Calciumcarbid eingesetzt.

- 30 Calciumcarbid stellt seit Jahrzehnten eine konstant wichtige chemische Grundchemikalie dar, die beispielsweise zur Herstellung von Kalkstickstoff, NCN-Derivaten, Acetylgas, sowie Acetylen-Folgeprodukten und in jüngerer Zeit auch als Entschwefelungsmittel in der Eisen- und

- 2 -

Stahlindustrie verwendet wird.

Den so genannten Carbidöfen werden mit Hilfe spezieller Beschickungssysteme die jeweiligen Rohstoffe in stöchiometrischer Mischung zugeführt. Der Brantkalk und auch die verschiedenen Kokstypen, wie z. B. Steinkohlenkoks, Braunkohlenkoks oder Petrolkoks, werden über Waagensysteme gemischt am Ofen vorgelegt. Die im Ofen befindliche Rohstoffmischung, die auch als Möller bezeichnet wird, wird durch den über die oben erwähnten Soederberg-Elektroden zugeführten Strom erwärmt. Der benötigte elektrische Strom, der über Hochspannungsleitungen im Hochvoltbereich angeliefert wird, muss auf ca. 200-300 Volt und ca. 70000 bis 140 000 A heruntermodifiziert werden, um so die Beheizung des Carbidofens, die als Widerstandsheizung ausgelegt ist, zu gewährleisten. Der eigentliche Schmelzprozess findet an den Spitzen der runden und in den Ofen ragenden Soederberg-Elektroden bei Temperaturen zwischen 1700 und 2500 °C statt.

Der spezifische Möller wird unter den geschilderten Bedingungen so lange erwärmt, bis es zu einer thermischen Spaltung von Calciumoxid kommt. Die entstehenden Spaltprodukte in Form von gasförmigem Calcium und Sauerstoff steigen durch die Möllerschüttung nach oben und stabilisieren sich dabei mit Kohlenstoff zu Calciumcarbid und Kohlenmonoxid. In diesen großtechnischen Prozessen wird Calciumcarbid mit einem Carbidgehalt zwischen 75 und 80 % und ein Carbidofengas mit ca. 60 bis 80 Vol.-% Kohlenmonoxid und ca. 10 - 30 Vol.-% Wasserstoff erzeugt. Dabei hängt die Zusammensetzung des Ofengases sehr stark von der Art der eingesetzten so genannten Schwarzstoffe ab. Das erhaltene geschmolzene Carbid wird über Abstiche aus dem Carbidofen mit Temperaturen von ca. 1900 °C abgezogen, abgekühlt, gebrochen und anschließend in die Carbidflaschen abgefüllt, die gleichzeitig als typische Transportgebinde für Carbid dienen.

Das geschilderte elektrothermische Verfahren ist sehr kostenintensiv, weil zum einen für die Erzeugung der erforderlichen Reaktionstemperatur von

- 3 -

- 2000 bis 2300 °C große Strommengen erforderlich sind und weil zum anderen an die Reinheit und Teilchengröße der Ausgangsstoffe hohe Anforderungen gestellt werden. So werden in fast allen Produktionsanlagen die Carbidöfen mit einer Mischung aus kleinstückigem Brannkalt und Koks bzw. Anthrazit in einem Verhältnis von 60 : 40 und mit einer Teilchengröße von ca. 5 bis 40 mm eingesetzt, wodurch der Aufwand für die Herstellung der Rohstoffe, die Bevorratung und die Beschickung der Carbidöfen relativ aufwendig wird.
- 10 Allerdings können die im beschriebenen Verfahren entstehenden Gase, nämlich Kohlenmonoxid und Wasserstoff, andererseits als Koppelprodukte gewonnen und sowohl stofflich als auch thermisch in nachgeschalteten Prozessen verwertet werden.
- 15 In der Vergangenheit hat es nicht an Versuchen gefehlt, den spezifischen Energieverbrauch des Calciumcarbidprozesses in Elektroniederschachtöfen zu senken und/oder auf der Rohstoffseite Kosten einzusparen. Ein alternativer Weg bestand darin, die Ausgangskomponenten in verdichteter Form einzusetzen, wobei die entsprechenden Formkörper aus den Reaktionspartnern Calciumoxid und Koks im geforderten stöchiometrischen Verhältnis bestanden. Derartige Presslinge bzw. Briketts sind in der Patentschrift DE 123185 beschrieben, wobei die Kalk-, Koks- und Kalkbriketts auch ohne Einsatz von Bindemitteln erzeugt werden, wenn der Kalk in Form von Löschkalk gemeinsam mit dem Koks auf hohe Feinheiten gemahlen und als Mahlgut anschließend durch Hochdruckbrikettierung verpresst wird. Ein ähnliches Verfahren, bei dem Presslinge in Elektroniederschachtöfen bei der Calciumcarbidherstellung eingesetzt werden, ist aus der Patentschrift DE 139948 bekannt.
- 25
- 30 Ein Verfahren zur Herstellung von Calciumcarbid durch Umsetzen einer Kohlenstoffkomponente mit Calciumoxid im elektrischen Lichtbogenofen ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 4241246 A1 bekannt. Ausgehend von relativ kostengünstigen Rohstoffen in Form verkleinerter

- 4 -

Kunststoffabfälle und ohne großen technischen Aufwand kann eine Kohlenstoffkomponente bereitgestellt werden, die problemlos bei der Herstellung von Calciumcarbid eingesetzt werden kann. Die zerkleinerten Kunststoffabfälle werden gemäß diesem Verfahren in Gegenwart von feinteiligem Calciumoxid bei Temperaturen von 600 bis 1400 °C in einem Kammerofen verkocht. Die bei der Verkokung entstehenden heißen Abgase werden vorzugsweise nach einer Entstaubung und evtl. gemeinsam mit den Abgasen aus der Calciumcarbidproduktion für die Stromerzeugung herangezogen. Beschrieben ist auch, dass die besonders hochwertigen und reinen Abgase alternativ bzw. zusätzlich auch als Heizgas für die Kokskammern genutzt oder als Synthesegase verwendet werden können. Die heißen, in Keramikfaserfiltern vom Staub gereinigten Gase aus der Verkokung und dem Carbidofen werden gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren in einer Brennkammer verbrannt und die erzeugte Wärme über APC-Kessel und Dampfturbinen verstromt. Die erzeugte Strommenge trägt angeblich den gesamten benötigten Strombedarf für die Carbidproduktion, der in einem Bereich von 2,8 MWh/t Carbid lag. Bei den als Ausgangsmaterialien verwendeten Kunststoffabfällen handelt es sich um Thermoplaste, die typischerweise aus der Gruppe der Polyethylene, Polypropylene bzw. Polystyrole ausgewählt werden.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Calciumcarbid durch Umsetzung einer Kohlenstoffkomponente mit Calciumoxid im elektrischen Lichtbogenofen hat die deutsche Offenlegungsschrift DE 4241245 A1 zum Gegenstand. Als Kohlenstoffkomponente werden zerkleinerte Kunststoffabfälle eingesetzt, die in Gegenwart von kleinteiligem Calciumoxid durch Pyrolyse bei 400 bis 800 °C und anschließend durch Calzinierung des entstehenden Calciumoxid-/Pyrolysekoksgemisches bei 1000 bis 1300 °C im Drehrohrofen vorab aufbereitet wurden.

30

Auf ein ähnliches Verfahren greift die deutsche Offenlegungsschrift DE 4241244 A1 zurück. Als Kohlenstoffkomponente werden ebenfalls zerkleinerte Kunststoffabfälle eingesetzt, die in Gegenwart von feinteiligem

- 5 -

Calciumoxid bei Temperaturen von 600 bis 1300 °C im Drehrohrofen
pyrolysiert worden sind. Auf diese Weise soll eine praktisch vollständige und
umweltfreundliche Verwertung von Kunststoffabfällen möglich sein, wobei
außerdem für den Calciumcarbidprozess eine besonders kostengünstige
5 Kohlenstoffkomponente erschlossen worden sein soll.

Ebenfalls zerkleinerter Kunststoffabfälle als Kohlenstoffkomponente bedient
sich DE 4241243 A1. Bei dem dort beschriebenen Verfahren zur Herstellung
von Calciumcarbid im elektrischen Lichtbogenofen werden die zerkleinerten
10 Kunststoffabfälle zuerst bei 600 bis 1000 °C pyrolysiert, dann das so
erhaltene Pyrolysegas bei 1200 bis 1900 °C teilverbrannt und schließlich
das Ruß/Gasgemisch auf 450 bis 800 °C abgekühlt, bzw. der Ruß mit
feinteiligem und/oder stückigem Calciumoxid abgeschieden.

15 Seit dem Zeitraum der zuletzt genannten Offenlegungsschriften aus dem
Jahr 1992 haben sich die Rahmenbedingungen für die üblicherweise
angewendeten Verfahren zur Herstellung von Calciumcarbid auf der
Energie- und Rohstoffseite weiter verschlechtert. Wie bereits beschrieben,
erfordert der Carbidprozess erhebliche Strommengen zur Erzeugung der
20 notwendigen Reaktionstemperatur. Der ständige Anstieg der Strompreise
auch für industrielle Abnehmer hat in den letzten Jahren kontinuierlich ein
Ausmaß angenommen, das gerade auch auf industrieller Abnehmerseite
zahlreiche großtechnische Verfahren unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten
in Frage stellt. Aus diesem Grund wird weiterhin nach Alternativen gesucht,
25 um die bestehenden Verfahren von den steigenden Kosten für externe
Stromlieferungen abzukoppeln und eigene Stromgewinnungsmöglichkeiten
zu realisieren.

Auch auf dem Gebiet anderer Rohstoffe wird seit langem nach Alternativen
30 gesucht, um sich bspw. von Kohle bzw. Koks weiter unabhängig zu machen.
In diesem Zusammenhang haben die gesetzgeberischen Vorgaben einen
weiteren Handlungsbedarf in der Form geschaffen, als Siedlungsabfälle
nicht mehr deponiert sondern einer Wiederverwertung zugeführt werden

- 6 -

müssen. An dieser Stelle sei auf die technische Anleitung Siedlungsabfall (TASI) vom 01.06.2005 verwiesen. Hier und auf Basis bereits bestehender Erkenntnisse kommen insbesondere Kunststoffe in Frage, die in großen Mengen u. a. als Fraktionen aus dem Dualen System und als
5 Gewerbereststoffe zur Verfügung stehen.

Für die vorliegende Erfindung hat sich aufgrund der geschilderten geänderten Rahmenbedingungen und der Nachteile des Standes der Technik insgesamt die Aufgabe gestellt, Rest- und/oder Abfallstoffe als
10 Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtöfen einer neuen Verwendung zuzuführen.

Gelöst wurde diese Aufgabe mit einer entsprechenden Verwendung, bei der die Rest- und/oder Abfallstoffe zur thermischen Verwertung und/oder als
15 Kohlenstoffquelle eingesetzt werden.

Überraschend hat sich herausgestellt, dass im erfindungsgemäßen Zusammenhang die Energiegehalte der eingesetzten Rest- und Abfallstoffe für Elektroniederschachtöfen im Wesentlichen unbedeutend sind. Auch
20 spielt die chemische Zusammensetzung eine nur untergeordnete Rolle, wodurch sich eine Universalität hinsichtlich der eingesetzten Ausgangsmaterialien ergibt, die so nicht vorherzusehen war. Es war insbesondere überraschend, dass auch mittelkalorische Rest- und Abfallstoffe als Einsatzmaterialien in Frage kommen, die hohe
25 Halogenanteile aufweisen, ohne dass sich hinsichtlich ihres Energiegehalts oder ihrer „Verunreinigungen“ gravierende Nachteile im Zusammenhang mit der thermischen Verwertung oder ihrer spezifischen Verwendung als Kohlenstoffquelle ergeben.

30 Im vorliegenden Zusammenhang hat es sich als besonders günstig erwiesen, wenn es sich bei den Elektroniederschachtöfen um einen gedeckelten Niederschachtöfen handelt. Dieser sollte gemäß vorliegender Erfindung mindestens eine Hohlelektrode (Soederderbergelektrode)

- 7 -

aufweisen, um so die in Frage kommenden Rest- und/oder Abfallstoffe im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Verwendung leichter einbringen zu können.

- 5 Wie bereits angedeutet, war es vollkommen überraschend, dass die geeigneten Rest- und/oder Abfallstoffe im Wesentlichen keinerlei Einschränkung unterliegen. Unter Umwelt- und Recyclinggesichtspunkten und insbesondere auch, um den geltenden Gesetzen und Richtlinien Rechnung zu tragen, kommen bevorzugt Siedlungsabfälle und
- 10 Gewerberückstände in Frage, die selbstverständlich auch als beliebige Mischungen verwendet werden können. Als ebenfalls geeignet haben sich erfindungsgemäß solche Rest- und/oder Abfallstoffe erwiesen, bei denen es sich alternativ um organische und schwer entsorgbare Reststoffe und insbesondere um Arzneimittel, um Elektronikschrott und hochkalorische
- 15 und/oder gesundheitsgefährdende Stoffe oder Mischungen daraus handelt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der von der vorliegenden Erfindung ebenfalls berücksichtigt wird, besteht darin, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe auch Halogengehalte aufweisen können. Diese sollten insbesondere in Form von

20 Chlor und/oder Fluor vorliegen und besonders bevorzugt Anteile von 0,1 bis 10 Gew.-% und besonders bevorzugt von 1,0 bis 5,0 Gew.-%, jeweils bezogen auf den eingesetzten Rohstoffstrom, betragen.

Es kommen insbesondere solche Rest- und/oder Abfallstoffe in Frage, die

25 Kunststoffanteile enthalten und insbesondere solche aus PVC-Abreicherungsverfahren; als besonders bevorzugt sind solche anzusehen, bei denen es sich um PVC-reiche Fraktionen aus den sog. Nahinfrarot (NIR)-Sortierverfahren handelt, oder aber bei denen das NIR-Sortierverfahren nicht angewendet wurde. Mit dem beschriebenen

30 Sortierverfahren werden PVC-Anteile mit Hilfe spektrometrischer Parameter gezielt aus dem Abfallstrom aussortiert.

Üblicherweise werden Verfahren in Elektroniederschachtföfen unter extrem

- 8 -

hohen Temperaturen durchgeführt, wie es bei Carbidprozessen insbesondere der Fall ist. Im Carbidofen herrschen außerdem stark reduzierende Bedingungen, die erfindungsgemäß das Potenzial bieten, auch entsorgungskritische Stoffe zur Verwertung einzusetzen.

5 Halogenhaltige und insbesondere chlorhaltige Stoffe lassen sich derzeit nur unter sehr aufwendigen Bedingungen thermisch verwerten. Im Rahmen der erfindungsgemäßen Verwendung hat sich nun herausgestellt, dass der Einsatz insbesondere von chlorhaltigen Sekundärrohstoffen im Carbidprozess nicht zu elementarem Chlor im Carbidofengas führt, sondern

10 dass das Chlor sofort mit dem ebenfalls anwesenden Calcium reagiert und direkt als Calciumchlorid gebunden wird. Auf sonst üblicherweise im Zusammenhang halogenierten Einsatzmaterialien notwendige und extrem aufwendige Werkstoffinvestitionen kann aus diesem Grund insbesondere in den nachgeschalteten Verbrennungs- und Dampfeinheiten verzichtet

15 werden. Ausserdem sind unverändert unkritische Dioxinwerte im Abgas des Elektroniederschachtofens zu beobachten.

Die bereits mehrfach erwähnten Soederbergelektroden, die als Hohlelektroden ausgeführt sind, haben sich ebenfalls in Carbidöfen als

20 äußerst geeignete Mittel erwiesen, um Stoffe direkt in das Herdbett einzubringen, ohne dass diese das sonst übliche Temperaturprofil der Möllerschüttung durchlaufen müssen. Erfindungsgemäß wurde nun festgestellt, dass dieser Beschickungsweg auch geeignet ist, um Stoffe im Carbidofen zu entsorgen, die sich erst bei sehr hohen Temperaturen spalten

25 lassen, wie z. B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe. Im Falle dieser FCK bildet sich neben Calciumchlorid auch Flussspat (CaF_2), der im Folgeprozess bei der Herstellung von Kalkstickstoff gezielt als Hilfsstoff ohnehin eingesetzt wird. Auch in diesem Fall ist deshalb eine vorteilhafte stoffliche Verwertung gegeben.

30

Hinsichtlich der Rest- und/oder Abfallstoffe hat es sich im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung als günstig erwiesen, wenn sie einen Teilchendurchmesser bis 100 mm, bevorzugt bis 80 mm und besonders

- 9 -

bevorzugt zwischen 5 und 50 mm aufweisen. Für bestimmte Anwendungsfälle kann es ebenfalls von Vorteil sein, wenn die Rest- und/oder Abfallstoffe Kunststoffanteile enthalten, bei denen es sich um Sekundärrohstoffe aus der Kunststoffwiederverwertung handelt. Diese sollten dann insbesondere in kompaktierter und/oder extrudierter Form vorliegen und vorzugsweise in dreidimensionaler Form, wobei Teilchendurchmesser bis 100 mm und besonders bevorzugt zwischen 40 und 60 mm als besonders vorteilhaft zu bezeichnen sind. Von der vorliegenden Erfindung wird auch eine Alternative berücksichtigt, bei der die Kunststoffanteile Folienflitter und/oder Schredderleichtfraktionen darstellen, wie sie insbesondere aus der Altfahrzeugverwertung hervorgehen.

Insgesamt kann es sich bei den eingesetzten Kunststoffanteilen um Polyethylen, Polypropylen, Polyurethane, Polyacrylnitrile und andere Vertreter handeln, die in möglichst dreidimensionaler Form als Extrudate oder ähnliche Kompaktate der Möllerschüttung zugemischt und im Prozess des Elektroniederschachtofens pyrolysiert werden.

Kunststoffanteile aus Polyethylen, Polypropylen, Polyurethanen, Polyacrylnitrilen und PVC und selbstverständlich auch beliebige Mischungen daraus werden als besonders bevorzugt angesehen.

Nicht zuletzt unter verfahrenstechnischen Gesichtspunkten hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Rest- und/oder Abfallstoffe bei der erfindungsgemäßen Verwendung als Möllerbestandteil eingesetzt und/oder über die Hohlelektrode, also die Soederbergelektrode in die Ofenschüttung eingebracht werden.

Ebenso wie die Form, die Zusammensetzung und die chemische Natur keinerlei Beschränkung im vorliegenden Zusammenhang darstellen, ist auch die Menge an eingesetzten Rest- und/oder Abfallstoffen bei der beanspruchten Verwendung nicht limitierend. Es wird allerdings empfohlen, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe jeweils bezogen auf die herzustellende

- 10 -

Produktmenge in einer Menge von maximal 100 Gew.-%, insbesondere 5 bis 90 Gew.-% und besonders bevorzugt 10 bis 70 Gew.-% zugesetzt werden.

- 5 Um die erfindungsgemäße Verwendung möglichst optimal zu gestalten, empfiehlt es sich auch, die Ofentemperaturen im Herdbett zwischen 1700 und 2500 °C einzustellen. Als weiterhin vorteilhaft ist eine Variante anzusehen, bei der die Rest- und/oder Abfallstoffe das Ofenbett von oben nach unten durchwandern und dabei vorzugsweise ein Temperaturprofil von
- 10 anfänglich 300 bis 700 °C im oberen Ofenbereich bis schließlich 1800 bis 2200 °C im Herdbett durchlaufen. Als besonders geeignet haben sich Temperaturbereiche um 600 C als geeignet dafür erwiesen, um kurzkettinge Kohlenwasserstoffe zu erzeugen. Auf diesem Weg wird ein erheblicher Anteil der eingesetzten Rest- und/oder Abfallstoffe und insbesondere der
- 15 Kunststoffe in Gas umgewandelt, während ein Rest als Kohlenstoff im Ofen verbleibt und in dieser Form als Rohstoff für die Reaktion, bei der es sich meist um eine Carbidreaktion handelt wird, genutzt werden kann. Die beteiligten gasförmigen Anteile lockern als flüchtige Bestandteile den Möller insgesamt auf und tragen so zu einer weiter verbesserten Nutzung der
- 20 Rohstoffe bei.

- Die vorliegende Erfindung umfasst ebenfalls die Möglichkeit, die entstehenden Pyrolyseprodukte zur Stromerzeugung einzusetzen, was vorzugsweise mit Hilfe eines Gasmotors, einer Gasturbine und/oder von
- 25 Hochdruckdampf geschieht. Das Pyrolysegas verlässt den Elektroniederschachofen meist über den Ofendeckel und wird anschließend über kurze und isolierte Rohrleitungswege einer Brennkammer zugeführt; dort wird das Gasgemisch verbrannt und die Heißgase zur Erzeugung von Hochdruckdampf genutzt. Dieser kann anschließend über
- 30 Dampfkondensationsturbinen zur Stromerzeugung genutzt werden. Die vorgeschlagene Verwendung stellt insbesondere deshalb einen Fortschritt dar, da nun auch unverbrannter Ofenstaub, so genannter UVO-Staub mit ca. 20 bis 30 % Graphitanteil einer sinnvollen Weiterverarbeitung zugeführt

- 11 -

werden kann. Das mit diesem UVO-Staub zusammenhängende Cyanidproblem war bisher meist durch aufwändiges Nachwaschen und eine abschließende finale Deponierung zu lösen. Der eben erwähnte UVO-Staub kann nun jedoch gemeinsam mit Pyrolysegas in so genannten
5 Dreiphasengemischen (nämlich Pyrolysegas, Pyrolyseöl, Staub) in die Brennkammer eingebracht werden.

Zwar wurde in der vorangehenden Beschreibung zur Veranschaulichung der Vorteile der erfindungsgemäßen Verwendung meist auf Carbidöfen
10 verwiesen; die beschriebene Verwertung der Rest- und/oder Abfallstoffe steht allerdings nicht nur im Zusammenhang mit der Herstellung von Calciumcarbid, sondern die erfindungsgemäße Verwendung kann auch bei der Herstellung von Ferrosilicium, Ferrochrom, Ferromangan, Ferronickel, Siliciummangan, Calcium-Silicium-(CaSi-)Legierungen, sowie von Phosphor
15 und Silicium eingesetzt werden. Die vorliegende Erfindung berücksichtigt abschließend noch die Möglichkeit, dass das mit Hilfe der beanspruchten Verwendung vorzugsweise erhaltene Calciumcarbid in einem nachgeschalteten Verfahren zur Erzeugung von Acytelen oder Acetylenfolgeprodukten eingesetzt wird.

20

Während aus dem bisherigen Stand der Technik generell die thermische Verwertung, insbesondere im Zusammenhang mit Zementöfen oder der Hausmüllverbrennung, bekannt war, ist die neue Verwendung von Rest
und/oder Abfallstoffen als Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtöfen
25 auch zur thermischen Verwertung ein gravierender Fortschritt im Zusammenhang mit der Verwertung von Abfallstoffen als Sekundärrohstoffe.

Insgesamt hat sich bei der großtechnischen Verwertung der erfindungsgemäßen Verwendung herausgestellt, dass solche Rest- und
30 Abfallstoffe nun zur thermischen Verwertung und/oder als Kohlenstoffquelle in Elektroniederschachtöfen eingesetzt werden können, die bislang nur anderweitig unter großem Aufwand verwertet bzw. endgelagert werden konnten. Diese Rest- und Abfallstoffe jeglicher Art sollten allerdings

mechanisch oder pneumatisch förderbar sein, um so u. a. die Beschickung der meist eingesetzten Hohlelektroden ohne Probleme zu gewährleisten. Insgesamt handelt es sich bei der vorgeschlagenen Verwendung um eine relativ einfache und elegante Methode, um zum einen Kultur-, Siedlungs- und Produktionsabfälle aufgrund ihrer heizwertreichen Anteile einer neuen Verwertung zuzuführen, wodurch Entsorgungskosten gespart werden und die Umwelt geschont wird, und zum anderen Alternativen zu fossilen Brennstoffen und weiter steigenden Strompreisen anzubieten, was unter nachhaltigen Gesichtspunkten eine deutliche Verbesserung darstellt.

10

Die Erfindung betrifft insbesondere die Verwendung von Rest- und/oder Abfallstoffen als Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtöfen, wobei die Rest und/oder Abfallstoffe zur thermischen Verwertung und/oder als Kohlenstoffquelle eingesetzt werden. Der für diese Verwendung in Frage kommende Niederschachtöfen liegt meist in gedeckelter Form vor und weist mindestens eine Hohlelektrode zum Einbringen der Ausgangsstoffe auf. Bei den Rest- und/oder Abfallstoffen sollte es sich um Siedlungsabfälle oder Gewerberückstände handeln, oder aber alternativ um organische und schwer entsorgbare Reststoffe, wie Arzneimittel, Elektronikschrott, hochkalorische und/oder gesundheitsgefährdende Stoffe, die auch halogeniert sein können. Diese Rest- und/oder Abfallstoffe mit einem bevorzugten Teilchendurchmesser bis 100 mm sollten insbesondere in kompakter oder extrudierter Form über die Hohlelektrode in die Ofenschüttung eingebracht werden. Bei Ofentemperaturen zwischen 1700 und 2500 °C werden die Rest- und/oder Abfallstoffe bis zu 95 % in Pyrolysegase umgewandelt und der erhaltene Kohlenstoff als Kohlenstoffquelle eingesetzt. Auf diese Weise kann die Herstellung von Calciumcarbid, Ferrosilicium, Ferrochrom usw. energetisch deutlich verbessert werden.

30

Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen die Vorteile der vorliegenden Erfindung.

Beispiel 1

0,15 Massenanteile einer kunststoffhaltigen Abfallfraktion werden mit einem
5 Massenanteil einer Standard-Möllermischung weitgehend homogenisiert
und über die Grobmöllerdosiersysteme einem Elektroniederschachtofen zur
Herstellung von Calciumcarbid zugeführt. Bei diesem
Elektroniederschachtofen handelt es sich um eine grosstechnische Anlage
mit ca. 300 t Möller-Füllmasse. Die elektrische Leistung des Carbidofens
10 wird auf ca. 20 MWh eingestellt, wodurch sich eine Durchsatzmenge der
Kunststoff-/Möller-Mischung von ca. 225 t/Tag ergibt. Die
Reaktionstemperaturen werden so gesteuert, dass sich in der
Carbidreaktionszone (Herdbett) eine Temperatur im Bereich von 2000 bis
2200 °C und im oberen Möllerbereich eine Temperatur von 500 – 650 °C
15 einstellt. Die eingebrachten kunststoffhaltigen Abfälle werden entsprechend
der vorliegenden Reaktionsbedingungen thermisch in Pyrolysegas und Koks
aufgespalten. Dieser entstehende Koks reduziert die notwendige
Primärkohlenstoffmenge für die Carbidreaktion. Daher wird die Dosierung
des Primärkohlenstoffs basierend auf Analysen des Carbidgehaltes im
20 produzierten Carbid entsprechend reduziert.

Um den Staubanteil aus dem entstehenden Ofengas abzutrennen wird das
Gas über eine Gasfilteranlage geleitet, die mit keramischen Filterelementen
ausgestattet ist. Um eine Kondensation von höherkettigen
Kohlenwasserstoffen zu vermeiden, wird die Filtration in einem
25 Temperaturbereich von 300 bis 400 °C durchgeführt. Anschließend wird das
Gas mittels Gaskühler auf ca. 30 °C abgekühlt, wodurch die
kondensierbaren Gasanteile aus dem Gasstrom kondensiert werden.

Die so erzeugte und gereinigte Ofengasmenge erhöhte sich von ca. 140
Nm³/MWh elektrischer Ofenleistung auf ca. 170 Nm³/MWh elektrischer
30 Ofenleistung. Gleichzeitig erhöhte sich der Heizwert des Gases von 3,1
KW/Nm³ auf ca. 4,6 KW/Nm³. Dadurch ergibt sich in der
Gesamtenergiebilanz des Ofengases eine Erhöhung der thermischen
Energienmenge von 8,7 MWh auf 15,6 MWh.

Ansprüche

- 5 1. Verwendung von Rest- und/oder Abfallstoffen als Einsatzmaterialien in Elektroniederschachtofen, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe zur thermischen Verwertung und/oder als Kohlenstoffquelle eingesetzt werden.
- 10 2. Verwendung nach Anspruch 1 in einem gedeckelten Niederschachtofen.
3. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Niederschachtofen mindestens eine Hohlelektrode (Söderbergelektrode) aufweist.
- 15 4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Rest- und/oder Abfallstoffen um Siedlungsabfälle, Gewerberückstände oder Mischungen daraus handelt.
- 20 5. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Rest- und/oder Abfallstoffen um organische und schwer entsorgbare Reststoffe, insbesondere um Arzneimittel, Elektronikschrott, hochkalorische und/oder gesundheitsgefährdende Stoffe oder Mischungen daraus handelt.
- 25 6. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe Halogengehalte, insbesondere in Form von Chlor und/oder Fluor, und bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt von 1,0 bis 5,0 Gew.-%, jeweils bezogen auf den eingesetzten Rohstoffstrom aufweisen.
- 30 7. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch

gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe Kunststoffanteile enthalten, insbesondere aus PVC-Abreicherungsverfahren, und besonders bevorzugt solche, bei denen es sich um PVC-reiche Fraktionen aus NIR-(Naheinfrarot)-Sortierv Verfahren handelt oder bei denen das NIR-Sortierv Verfahren nicht angewendet wurde.

8. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe einen Teilchendurchmesser bis 100 mm, bevorzugt bis 80 mm und besonders bevorzugt zwischen 5 und 50 mm aufweisen.

9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Kunststoffanteilen um Sekundärrohstoffe aus der Kunststoffwiederverwertung, insbesondere in kompakterter und/oder extrudierter Form, vorzugsweise in dreidimensionaler Form, und bevorzugt mit einem Teilchendurchmesser bis 100 mm und besonders bevorzugt zwischen 40 und 60 mm handelt.

10. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffanteile Folienflitter und/oder Schredderleichtfraktionen, insbesondere aus der Altfahrzeugverwertung, darstellen.

11. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffanteile aus Polyethylen, Polypropylen, Polyurethanen, Polyacrylnitrilen, PVC oder Mischungen daraus bestehen.

12. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe als Möllerbestandteil eingesetzt und/oder über die Hohlelektrode in die Ofenschüttung eingebracht werden.

13. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge an eingesetztem Rest- und/oder Abfallstoff, bezogen auf die herzustellende Produktmenge, maximal 100 Gew.-%, insbesondere 5 bis 90 Gew.-% und besonders bevorzugt 10 bis 70 Gew.-%, beträgt.
14. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ofentemperaturen im Herdbett zwischen 1 700 und 2 500 °C betragen.
15. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe das Ofenbett von oben nach unten durchwandern und dabei vorzugsweise ein Temperaturprofil von anfänglich 300 bis 700 °C bis schließlich 1 800 bis 2 200 °C im Herdbett durchlaufen.
16. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Rest- und/oder Abfallstoffe bis zu 95 %, vorzugsweise bis zu 80 % und besonders bevorzugt zu maximal 30 bis 70 % in Pyrolysegas umgewandelt werden und der enthaltene Kohlenstoff als Kohlenstoff-Quelle eingesetzt wird.
17. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die entstehenden Pyrolyseprodukte zur Stromerzeugung eingesetzt werden, was vorzugsweise mit Hilfe eines Gasmotors, einer Gasturbine und/oder von Hochdruckdampf geschieht.
18. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 17 zur Herstellung von Calciumcarbid, Ferrosilicium, Ferrochrom, Ferromangan, Ferronickel, Siliciummangan, Calcium-Silicium-(CaSi-) Legierungen sowie Phosphor und Silicium.
19. Verwendung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das

- 17 -

enthaltene Calciumcarbid in einem nachgeschalteten Verfahren zur Erzeugung von Acetylen eingesetzt wird.