

19



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

11

N° de publication :

LU505652

12

BREVET D'INVENTION**B1**

21

N° de dépôt: LU505652

51

Int. Cl.:
B02C 23/08, B02C 23/12

22

Date de dépôt: 29/11/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):
MÖLLER Hendrik – Deutschland, HAMM Andreas –
Deutschland, MAIER Oliver – Deutschland, KÖSTERS
Justus – Deutschland, STROTMANN Jan –
Deutschland, SACHSE Carsten – Deutschland,
RATZLAFF Sergej – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 30/05/2025

47

Date de délivrance: 30/05/2025

73

Titulaire(s):
THYSSENKRUPP POLYSIUS GMBH –
45143 Essen (Deutschland), SCHWENK ZEMENT
GMBH & CO. KG – 89077 Ulm (Deutschland),
THYSSENKRUPP AG – 45143 Essen (Deutschland)

74

Mandataire(s):
MICHAEL TETZNER, TETZNER & PARTNER MBB –
81479 München (Deutschland)

54

Elektrostatischer Sichter in der mechano-chemischen Aktivierung.

57

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zu mechano-chemischen Aktivierung, wobei die Vorrichtung eine Mühle 10 aufweist, wobei die Mühle 10 einen Materialeinlass 12 und einen Materialauslass 14 aufweist, wobei die Vorrichtung eine der Mühle 10 im Materialstrom nachgelagerte erste Trennvorrichtung 20 aufweist, wobei die Vorrichtung einen der ersten Trennvorrichtung 20 im Materialstrom nachgelagerten Produktauslass 30 aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Trennvorrichtung 20 ein elektrostatischer Sichter ist, wobei der elektrostatische Sichter einen ersten Ausgang 22 für geladene Partikel und einen zweiten Ausgang 24 für entladene Partikel aufweist, wobei der erste Ausgang 22 mit dem Produktauslass 30 verbunden ist, wobei der zweite Ausgang 24 mit einer Rückführungsleitung 40 verbunden ist, wobei die Rückführungsleitung 40 mit dem Materialeinlass 12 der Mühle 10 verbunden ist.

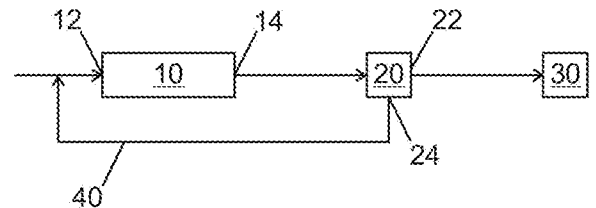


Fig. 1

Elektrostatischer Sichter in der mechano-chemischen Aktivierung

Die Erfindung betrifft die Verwendung eines elektrostatischen Sichters bei der mechano-chemischen Aktivierung zur Abtrennung der aktivierten Fraktion.

5

Insbesondere im Bereich der Zementindustrie haben sich aktivierte Tone als Zusatzstoff etabliert. Der derzeit übliche Weg ist die Trocknung und Calcinierung der Tone, also eine thermische Aktivierung. Hierbei wird zum einen Energie für die Erwärmung benötigt, zum anderen kann die hohe Temperatur auch weitere Stoffveränderungen bewirken, die gegebenenfalls unerwünscht sind. Ferner erfordert der thermische Prozess häufig eine Rauchgasreinigung z.B. zur Abscheidung der entstehenden Stickoxid- und Schwefeloxid-Emissionen. Außerdem erfordert der thermische Prozess künftig den Einsatz von Verfahren zur Abscheidung und gegebenenfalls Reinigung des erzeugten beziehungsweise freigesetzten Kohlendioxids.

15

Um Klinker und damit Kohlendioxidemissionen zu sparen, werden heute Zementzuschlagstoffe verwendet. Gemäß DIN EN 450-1 beschreibt der Aktivitätsindex das Verhältnis (in %) der Druckfestigkeiten von im gleichen Alter geprüften genormten Mörtelprismen, die einen Massenanteil von 75 % Prüfzement und einen Massenanteil von 25 % Zementzuschlagstoff enthalten, und ausschließlich mit Prüfzement hergestellten genormten Mörtelprismen. Als Prüfzement dient ein Portlandzement (Typ CEM I) der Festigkeitsklasse 42,5 oder höher. Der zu bewertende Zementzuschlagstoff (englisch: „Supplementary Cementitious Material“, SCM) kann dabei weniger leistungsfähig oder leistungsfähiger als der Prüfzement sein. Ein als inert anzusehendes SCM, wie beispielsweise Kalkstein, führt zu einem Aktivitätsindex von 75 %, das heißt das SCM liefert keinen Beitrag zur Festigkeitsentwicklung. Performante SMCs wie granuliert Hochofenschlacken können aber auch Aktivitätswerte von mehr als 100 bis hin zu etwa 120 erzielen. Wenn der Aktivitätsindex bei mehr als 100 liegt, bedeutet dies, dass der Klinkeranteil im Bindemittel noch weiter reduziert werden kann, nämlich genau um den Anteil, der notwendig ist, um wieder einen Aktivitätsindex von 100 zu erhalten. Der Klinkeranteil wird dabei üblicherweise von einem inerten, fein aufgemahlene Füllmittel wie Kalkstein ersetzt, der in der Herstellung erheblich günstiger ist als Klinker.

- Daher wird zunehmend die sogenannte mechano-chemische Aktivierung durch intensives Mahlen diskutiert. Mit dem Prozess der mechano-chemischen Aktivierung können Zementzuschlagstoffe hergestellt werden, mit denen wahlweise andere sekundäre zementartige Materialien, also SCMs, ersetzt werden können. SCMs besitzen
- 5 idealerweise puzzolanische, latent hydraulische oder sogar hydraulische Eigenschaften, sodass diese Materialien einen Beitrag zur Festigkeitsentwicklung beim Anmachen des fertigen Bindemittels mit Wasser aufweisen. Inerte Stoffe wie Kalkstein weisen diese zusätzlich Festigkeitsentwicklung beim Anmachen mit Wasser nicht auf.
- 10 Bei der mechano-chemischen Aktivierung bleibt zuvor kristallin gebundenes Wasser zum Beispiel als Inner-Schichten-Wasser im mineralischen Material erhalten (Xero-Gele). Diese Differenzierung zu thermisch aktivierten Materialien ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal mechano-chemisch aktivierter Stoffe bei der Verwendung als Zementzuschlagstoff, da hieraus verbesserte Bindemittel-Eigenschaften, insbesondere
- 15 ein niedriger Wasserbedarf, resultieren. Dies hat verbessernde Auswirkung auf zum Beispiel Festigkeitsentwicklung und Verarbeitung des Bindemittel-enthaltenden Mörtels oder Betons, ohne dass teure Zementadditive wie Superplasticizer eingesetzt werden müssen.
- 20 Aus der nachveröffentlichten DE 10 2023 106 210 ist ein Verfahren zur Mahlung und puzzolanischen Aktivierung in einer Rührwerkskugelmühle bekannt.
- Aus der nachveröffentlichten DE 10 2023 106 217 ist ein Verfahren zur Mahlung und puzzolanischen Aktivierung in zwei separaten Stufen einer Rührwerkskugelmühle
- 25 bekannt.
- Aus der nachveröffentlichten DE 10 2023 106 221 ist die Kombination aus mechano-chemischer und thermischer Aktivierung in wenigstens einer Rührwerkskugelmühle bekannt.
- 30 Aus der nachveröffentlichten DE 10 2023 106 222 ist die Farboptimierung bei der mechano-chemischen Aktivierung von Tonen bekannt.

Aus der nachveröffentlichten DE 10 2023 123 525 ist ein Zementzusatzstoff aus Altbeton bekannt.

5 Ein Vorteil der mechano-chemischen Aktivierung ist, dass auch Tone mit einem geringeren Kaolin-Gehalt mechano-chemisch aktiviert werden können, welche nicht für die thermische Aktivierung geeignet sind. Dieses verbreitert die zur Verfügung stehende Rohstoffbasis.

10 Da es sich bei Tonen um ein komplexes System handelt (insbesondere im Vergleich zum Brennen von Kalkstein), führen unterschiedliche Aktivierungsverfahren zu unterschiedlichen Produkten (aktivierten Tonen) mit unterschiedlichen Eigenschaften. Ebenso führt die Unterschiedlichkeit der verwendbaren Tone dazu, dass nicht jedes Verfahren für jeden Ton verwendbar ist.

15 Die mechano-chemische Aktivierung unterscheidet sich grundlegend von der thermischen Aktivierung, was das Verständnis der Vorgänge angeht. Während die thermische Aktivierung hauptsächlich von Temperatur und Zeit bestimmt wird, erscheint die mechano-chemische Aktivierung in einer Mühle wesentlich komplexer und von wesentlich mehr Parametern abhängig. Des Weiteren wird ein großer Teil der
20 eingebrachten Mahlenergie in Wärme umgesetzt.

Um die Aktivierung effizient zu betreiben, stellt sich somit die Herausforderung, aktivierte von noch nicht aktivierten Partikeln zu trennen, um möglichst die noch nicht aktivierten Partikel zurück führen zu können. Bei der mechano-chemischen Aktivierung werden in
25 einem vorgelagerten Schritt die Primärpartikel zunächst zerkleinert, bis praktisch kein Mahlfortschritt mehr eintritt (Rittinger-Stage). Daran schließt sich die Aktivierung an, bei der es zu Änderungen im Kristallgefüge bis hin zur Amorphisierung der (Ton-)Minerale kommt. Des Weiteren können Agglomerations- und Aggregationseffekte der Partikel beobachtet werden, was sich in einer Abnahme der spezifischen Oberfläche
30 widerspiegelt. Das übliche Konzept, die Abtrennung von feinen Produktpartikeln und groben Grieben, lässt sich hier daher nicht anwenden. Das erfindungsgemäße Konzept sieht daher vor, die größten Partikel als aktiviert anzusehen und abzutrennen, die feinsten Partikel als nicht aktiviert anzusehen und zurückzuführen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine zuverlässige Abtrennung von bereits aktivierten und noch nicht aktivierten Partikeln bei der mechano-chemischen Aktivierung bereitzustellen.

5 Gelöst wird diese Aufgabe durch die Vorrichtung mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen, durch die Verwendung mit den in Anspruch 5 angegebenen Merkmalen sowie durch das Verfahren mit den in Anspruch 6 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur mechano-chemischen Aktivierung. Herkömmlicherweise erfolgt die Aktivierung thermisch, wobei das mineralische Material beispielsweise auf 900 °C bis 1000 °C erhitzt wird. Das Ziel der Aktivierung wird bei der mechano-chemischen Aktivierung durch sehr intensives Mahlen erreicht, wobei
15 wesentlich mehr Energie eingetragen wird, als für die Zerkleinerung benötigt wird. In diesem Bereich der mechanischen Aktivierung ist vielmehr durch das Mahlen ein Partikelwachstum feststellbar. Die Vorrichtung weist eine Mühle auf. Bevorzugt ist die Mühle eine Rührwerkskugelmühle. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus der DE 10 2023 106 210, der DE 10 2023 106 217, der DE 10 2023 106 221, der DE 10 2023 106 222 oder der DE 10 2023 123 525 bekannt. Diese an sich bekannten
20 Vorrichtungen werden fortgebildet, um diese zu verbessern. Die Vorrichtung weist eine Mühle auf. Bevorzugt ist die Mühle eine Rührwerkskugelmühle. Die Mühle weist einen Materialeinlass und einen Materialauslass auf. Die Vorrichtung weist eine der Mühle im Materialstrom nachgelagerte erste Trennvorrichtung auf. Die Vorrichtung weist einen der ersten Trennvorrichtung im Materialstrom nachgelagerten Produktauslass auf.

25 Üblicherweise werden als erste Trennvorrichtung gröÙenselektive Trennvorrichtungen verwendet. Da hier die Mühle in einem Bereich betrieben wird, in dem durch den Energieeintrag ein Partikelwachstum feststellbar ist, ist die Grobfraction die aktivierte Fraction und die Feinfraction die noch nicht aktivierte Fraction.

30 Erfindungsgemäß ist die erste Trennvorrichtung ein elektrostatischer Sichter. Der elektrostatische Sichter weist einen ersten Ausgang für geladene Partikel und einen zweiten Ausgang für entladene Partikel auf. Entladen wird im Sinne der Erfindung auf für ungeladen oder nicht geladen verwendet. Ein Ausgang ist mit dem Produktauslass

verbunden und der zweite Ausgang ist mit einer Rückführungsleitung verbunden. Die Rückführungsleitung ist mit dem Materialeinlass der Mühle verbunden.

5 Es hat sich überraschend herausgestellt, dass die in einem elektrostatischen Sichter verwendete Trennung wesentlich besser aktivierte und noch nicht aktivierte Partikel zu trennen vermag. Die Fraktion, welche die geladenen Partikel aufweist, hat sich hierbei als reaktiver und somit als die bereits aktivierten Partikel aufweisende Fraktion herausgestellt. Damit umgeht diese Trennung ein wesentliches Problem. Bei der
10 größenselektiven Trennung kann eben nicht zwischen groben Partikeln, die noch nicht einmal vollständig gemahlen sind (also aus der ersten Stufe der Mahlung mit einem etwa linearen Zusammenhang zwischen Mahlenergie) und den bereits aktivierten und daher bereits wieder gewachsenen bzw. agglomerierten Partikeln (also aus der dritten Stufe, Anstieg der Partikelgröße bei weiterem Eintrag von Mahlenergie) unterschieden werden. Daher verblieb gerade die schlechteste Fraktion in der Produktfraktion. Dieser Nachteil
15 kann durch die Verwendung eines elektrostatischen Sichters überkommen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung eine zweite Trennvorrichtung auf. Die zweite Trennvorrichtung ist eine größenselektive Trennvorrichtung. Beispiele für eine größenselektive Trennvorrichtung sind ein normaler
20 Sichter, ein Zyklon oder auch ein Sieb. Eine solche größenselektive Trennvorrichtung dient dazu einen Materialstrom in eine Grobfraction (beispielsweise oben auf dem Sieb) und eine Feinfraktion (unter dem Sieb) zu trennen. Hierbei hat jede größenselektive Trennvorrichtung eine andere Trenngröße und Trennschärfe, sodass zwar grundsätzlich nicht gesagt werden kann, was grob oder fein ist, in einem konkreten Fall an einer
25 konkreten größenselektiven Trennvorrichtung dieses aber eindeutig und unmittelbar klar ist. Die zweite Trennvorrichtung weist einen Feinauslass und einen Grobauslass auf. Der Feinauslass dient dem Austrag der Feinfraktion und der Grobauslass dem Austrag der Grobfraction.

30 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in einer ersten Alternative die zweite Trennvorrichtung im Materialstrom der ersten Trennvorrichtung nachgelagert. Der erste Ausgang der ersten Trennvorrichtung ist mit der zweiten Trennvorrichtung verbunden. Es werden also nur die geladenen Partikel und damit die aktivierten Partikel der zweiten Trennvorrichtung zugeführt. Der Grobauslass ist mit dem Produktauslass verbunden. Es

werden also nur die größten aktivierten Partikel als Produkt ausgegeben, da diese die höchste Aktivität aufweisen. Der Feinauslass ist mit dem Materialeinlass der Mühle verbunden. Dieses Material wird also als noch nicht ausreichend aktiviert zurückgeführt.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in einer zweiten Alternative die zweite Trennvorrichtung im Materialstrom der ersten Trennvorrichtung vorgelagert. Es wird also das gesamte aus der Mühle stammende Material zunächst größenselektiv und erst anschließend elektrostatisch getrennt. Der Materialauslass der Mühle ist daher mit der zweiten Trennvorrichtung verbunden. Der Grobauslass ist mit der ersten
- 10 Trennvorrichtung verbunden, um die nicht aktivierten, kaum zerkleinerten Partikel von den aktivierten und wieder gewachsenen Partikeln zu trennen. Der Feinauslass ist mit dem Materialeinlass der Mühle verbunden.

- In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung die Verwendung eines elektrostatischen
- 15 Sichters zur Trennung von aktivierten Partikeln und nicht aktivierten Partikeln nach der mechano-chemischen Aktivierung in einer Mühle. Wie bereits ausgeführt, hat sich dieses überraschend als sehr geeignete Trennmethode erwiesen, welche insbesondere den ungewollten Austrag von groben Ausgangsmaterial als Produkt vermeiden kann.

- 20 In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur mechano-chemischen Aktivierung. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:
- a) Mechano-chemische Aktivierung in einer Mühle,
 - b) Überführen des aktivierten Materials in einen elektrostatischen Sichter,
 - c) Trennen des Materials im elektrostatischen Sichter in eine geladene Fraktion und

25 eine entladene Fraktion,

 - d) Überführen der geladenen Fraktion zum Produktauslass,
 - e) Rückführung der entladenen Fraktion zur erneuten mechano-chemischen Aktivierung.

- 30 Die Schritte d) und e) verlaufen hierbei logischer Weise parallel.

Wesentlich ist die Trennung in einem elektrostatischen Sichter und nicht wie bisher in einer größenselektiven Trennvorrichtung. Dadurch kann das unterschiedliche

Ladungsverhalten der aktivierten und der nicht aktivierten Partikel genutzt werden, um diese zu trennen und so eine reine aktivierte Fraktion zu erhalten.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer ersten Alternative wird zwischen Schritt a) und Schritt b) eine gröÙenselektive Trennung in einer zweiten Trennvorrichtung durchgeführt. Die Grobfraction der gröÙenselektiven Trennung wird dann in Schritt b) in den elektrostatischen Sichter überführt. Die Feinfraction der gröÙenselektiven Trennung wird wieder dem Schritt a) zugeführt. Es wird also zunächst eine gröÙenselektive Trennung wie bisher durchgeführt und dann anschließend die elektrostatische Trennung.

10 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer zweiten Alternative wird zwischen Schritt c) und Schritt d) eine gröÙenselektive Trennung der geladenen Fraktion in einer zweiten Trennvorrichtung durchgeführt. Nur die Grobfraction der gröÙenselektiven Trennung, welche die am besten aktivierten Partikel enthält, wird in Schritt d) dem Produktauslass zugeführt. Die Feinfraction wird der gröÙenselektiven Trennung wieder dem Schritt a) zugeführt. Es wird also zunächst die elektrostatische Trennung durchgeführt und dann in einem zweiten Schritt durch die gröÙenselektive Trennung die kleinen, am wenigsten aktivierten Partikel abgetrennt und zur weiteren Aktivierung zurückgeführt.

20 Insgesamt lässt sich somit also die Aktivität des Produktes steigern und damit die Verwendbarkeit als Zementzusatzstoff steigern und damit der Bedarf an Klinker senken und somit die Gesamtmenge des für die Herstellung von Zement erzeugten CO₂ reduzieren.

25 Nachfolgend ist die erfindungsgemäÙe Vorrichtung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 Grundform

30 Fig. 2 erste Alternative

Fig. 3 zweite Alternative

In Fig. 1 ist die Grundform gezeigt. Das zu aktivierende Material wird über den Materialeinlass 12 in die Mühle 10 eingebracht und dort derart intensiv vermahlen, dass

es zu einer mechano-chemischen Aktivierung kommt, beispielsweise bei einem Energieeintrag von 600 kWh/t. Das aktivierte Material verlässt die Mühle 10 über den Materialauslass 14 und wird in die erste Trennvorrichtung 20, einen elektrostatischen Sichter, überführt. Hier erfolgt eine Trennung in geladene und ungeladene Partikel. Die geladenen Partikel verlassen die erste Trennvorrichtung über den ersten Ausgang und werden als fertiges aktiviertes Produkt dem Produktauslass 30 zugeführt, der beispielsweise ein Silo, eine Abfüllstation oder der Übergabepunkt zu einer weiteren Anlage sein kann. Die ungeladenen, noch nicht aktivierten Partikel verlassen die erste Trennvorrichtung 20 durch den zweiten Ausgang 24 und werden über die Rückführungsleitung 40 wieder zum Materialeinlass 12 der Mühle 12 geführt.

Fig. 2 und Fig. 3 zeigen die Kombination einer ersten Trennvorrichtung 20 in Form eines elektrostatischen Sichters mit einer zweiten Trennvorrichtung 50 in Form einer größenselektiven Trennvorrichtung, beispielsweise einem Zyklon. Zur Vereinfachung wird nur auf die Unterschiede zur Grundform im Folgenden eingegangen.

Fig. 2 zeigt die erste Alternative, in der die zweite Trennvorrichtung 50 hinter der ersten Trennvorrichtung 20 angeordnet ist. Somit werden die geladenen Partikel aus der ersten Trennvorrichtung vom ersten Ausgang 22 in die zweite Trennvorrichtung 50 überführt und dort größenselektiv in eine Grobfraction und eine Feinfraction getrennt. Die Grobfraction wird über den Grobauslass 54 dem Produktauslass 30 zugeführt und die Feinfraction über den Feinauslass 52 und wird beispielsweise über die Rückführungsleitung 40 dem Materialeinlass 12 der Mühle 10 wieder zugeführt.

In Fig. 3 ist die zweite Alternative gezeigt, in der die zweite Trennvorrichtung 50 zwischen der Mühle 10 und der ersten Trennvorrichtung 20 angeordnet ist. Somit wird das aktivierte Material aus der Mühle 10 durch den Materialauslass 14 in die zweite Trennvorrichtung 50 überführt und dort in eine Grobfraction und eine Feinfraction aufgetrennt. Die Feinfraction wird über den Feinauslass 52 und beispielsweise die Rückführungsleitung 40 wieder dem Materialeinlass 12 der Mühle 10 zugeführt. Die Grobfraction wird durch den Grobauslass 54 der ersten Trennvorrichtung 20 zugeführt.

Bezugszeichen

10 Mühle

	12	Materialeinlass
	14	Materialauslass
	20	erste Trennvorrichtung
	22	erster Ausgang
5	24	zweiter Ausgang
	30	Produktauslass
	40	Rückführungsleitung
	50	zweite Trennvorrichtung
	52	Feinauslass
10	54	Grobauslass

Patentansprüche

1. Vorrichtung zu mechano-chemischen Aktivierung, wobei die Vorrichtung eine Mühle (10) aufweist, wobei die Mühle (10) einen Materialeinlass (12) und einen Materialauslass (14) aufweist, wobei die Vorrichtung eine der Mühle (10) im Materialstrom nachgelagerte erste Trennvorrichtung (20) aufweist, wobei die Vorrichtung einen der ersten Trennvorrichtung (20) im Materialstrom nachgelagerten Produktauslass (30) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Trennvorrichtung (20) ein elektrostatischer Sichter ist, wobei der elektrostatische Sichter einen ersten Ausgang (22) für geladene Partikel und einen zweiten Ausgang (24) für entladene Partikel aufweist, wobei der erste Ausgang (22) mit dem Produktauslass (30) verbunden ist, wobei der zweite Ausgang (24) mit einer Rückführungsleitung (40) verbunden ist, wobei die Rückführungsleitung (40) mit dem Materialeinlass (12) der Mühle (10) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine zweite Trennvorrichtung (50) aufweist, wobei die zweite Trennvorrichtung (50) eine gröÙenselektive Trennvorrichtung ist, wobei die zweite Trennvorrichtung (50) einen Feinauslass (52) und einen Grobauslass (54) aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Trennvorrichtung (50) im Materialstrom der ersten Trennvorrichtung (20) nachgelagert ist, wobei der erste Ausgang (22) der ersten Trennvorrichtung (20) mit der zweiten Trennvorrichtung (50) verbunden ist, wobei der Grobauslass (54) mit dem Produktauslass (30) verbunden ist, wobei der Feinauslass (52) mit dem Materialeinlass (12) der Mühle (10) verbunden ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Trennvorrichtung (50) im Materialstrom der ersten Trennvorrichtung (20) vorgelagert ist, wobei der Materialauslass (14) der Mühle (10) mit der zweiten Trennvorrichtung (50) verbunden ist, wobei der Grobauslass (54) mit der ersten Trennvorrichtung (20) verbunden ist, wobei der Feinauslass (52) mit dem Materialeinlass (12) der Mühle (10) verbunden ist.

5. Verwendung eines elektrostatischen Sichters zur Trennung von aktivierten Partikeln und nicht aktivierten Partikeln nach der mechano-chemischen Aktivierung in einer Mühle (10).
- 5 6. Verfahren zur mechano-chemischen Aktivierung, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
- a) Mechano-chemische Aktivierung in einer Mühle (10),
 - b) Überführen des aktivierten Materials in einen elektrostatischen Sichter,
 - c) Trennen des Materials im elektrostatischen Sichter in eine geladene Fraktion
10 und eine entladene Fraktion,
 - d) Überführen der geladenen Fraktion zum Produktauslass (30),
 - e) Rückführung der entladenen Fraktion zur erneuten mechano-chemischen Aktivierung.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Schritt a) und Schritt b) eine größenselektive Trennung in einer zweiten Trennvorrichtung (50) durchgeführt wird, wobei die Grobfraction der größenselektiven Trennung in Schritt b) in den elektrostatischen Sichter überführt wird, wobei die Feinfraction der größenselektiven Trennung wieder dem Schritt a) zugeführt wird.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Schritt c) und Schritt d) eine größenselektive Trennung der geladenen Fraktion in einer zweiten Trennvorrichtung (50) durchgeführt wird, wobei die Grobfraction der größenselektiven Trennung in Schritt d) dem Produktauslass (30) zugeführt wird, wobei die Feinfraction der größenselektiven Trennung wieder dem Schritt a) zugeführt wird.
- 25

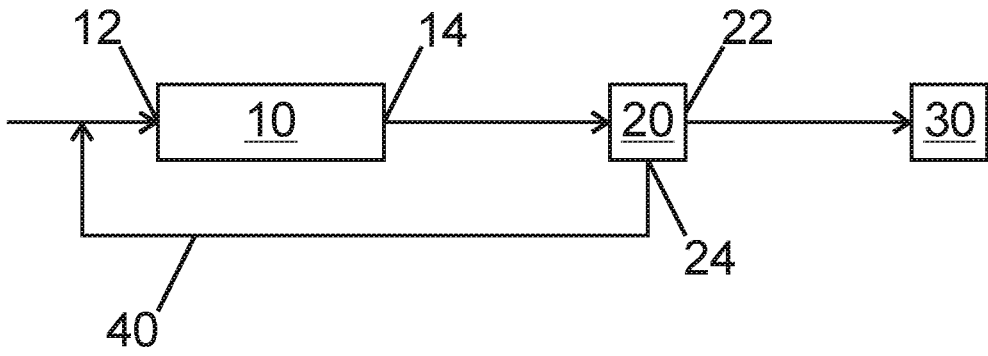


Fig. 1

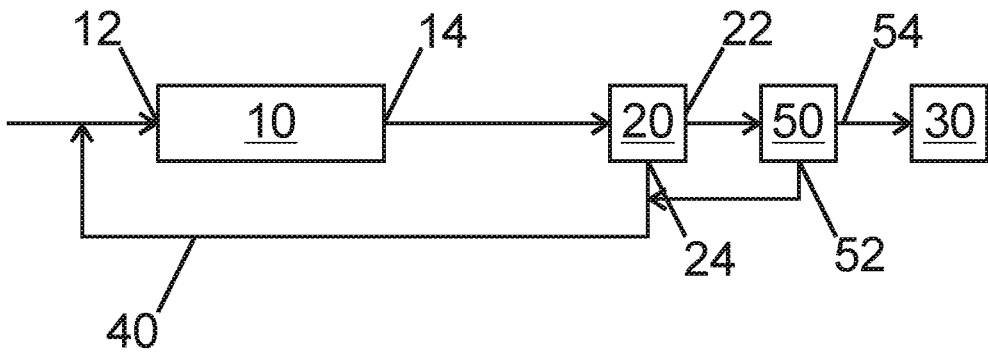


Fig. 2

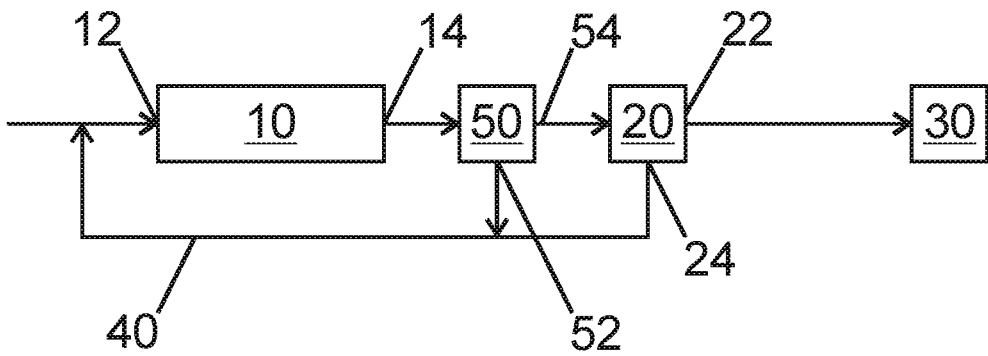


Fig. 3