



CH 683321 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 683321 A5

⑤① Int. Cl.⁵: B 01 D 45/12
B 01 D 51/02
B 03 C 3/08
B 03 C 3/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer: 2819/90

⑦③ Inhaber:
ASEA Brown Boveri AG, Baden

⑳② Anmeldungsdatum: 30.08.1990

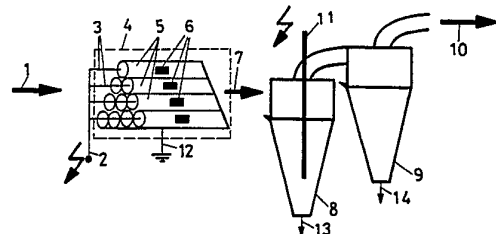
⑳④ Patent erteilt: 28.02.1994

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.02.1994

⑦② Erfinder:
Hirth, Michael, Dr., Mellingen
Fleck, Edmund, Dr., Zürich
Jodeit, Harald, Dr., Waldshut (DE)
Riccius, Oliver, Dr., Birmenstorf AG

⑤④ **Verfahren zum Entfernen von Staub aus einem Gasstrom und Entstaubungsanlage.**

⑤⑦ Zur rationellen Erzeugung elektrischer Energie wird entstaubtes Heissgas (10) einer Gasturbine zugeleitet. Staubbelaadenes Heissgas (1) wird durch eine Druckwirbelschichtfeuerung oder Kohlevergasung mit einer Temperatur von 850 °C und einem Druck von 16 bar erzeugt und nachfolgend in einer Entstaubungsanlage (4, 8, 9) gereinigt. Die Entstaubungsanlage besteht aus einem Koagulator (4) zur gegenseitigen Anlagerung von Staubpartikeln und 2 nachgeordneten Zyklonen (8, 9) zur Abscheidung des Staubes (13, 14). Der Koagulator (4) weist ein Bündel von Koagulatorrohren (5) mit daran angebrachten Vibratoren (6) auf. Ein 1. Zyklon (8) ist mit einer Zyklonelektrode (11) zur wirkungsvolleren Staubabscheidung ausgestattet.



CH 683321 A5

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Verfahren zum Entfernen von Staub aus einem Gasstrom und einer Entstaubungsanlage nach dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 5.

STAND DER TECHNIK

Mit den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 5 nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik Bezug, wie er aus der US-A 4 478 613 bekannt ist. Dort werden Verbrennungsgase eines Dieselmotors zur Entfernung von Partikeln und Aerosolen nacheinander durch einen Koagulator und ein Zyklon geschickt. In der geerdeten Koagulatorkammer sind mehrere Stapel mit scheibenförmigen Sprühelektroden auf negativem Potential angeordnet. Der Koagulator kann auch in dem Zyklon eingebaut sein. Um Ablagerungen an der Koagulatorkammerwand zu vermeiden, wird diese mit hoher Geschwindigkeit vom Abgas überströmt oder mechanischen Stössen oder Vibrationen ausgesetzt.

Aus der Tagungsveröffentlichung: AIAA-81-0393 von R. R. Boericke et al., Electrocyclone for High Temperature, High Pressure Dust Removal, AIAA 19th AEROSPACE SCIENCES MEETING, January 12-15, 1981/St. Louis, Missouri, ist es bekannt, zur Abscheidung von Staub aus dem Heissgasstrom eines Kraftwerkes mit Druckwirbelschichtfeuerung mehrere Elektrozyklone in Reihe zu schalten. In den oberen Teil der Elektrozyklone ragen stabförmige Hochspannungselektroden, die eine maximale elektrische Feldstärke von 500 kV/m erzeugen. Ein Vorteil dieser Einrichtung ist es, dass die elektrischen Kräfte, die auf die Partikel einwirken, unabhängig von der Zyklongrösse und dem Volumenstrom im Zyklon gewählt werden können. Demgegenüber fallen die sonst bei der Abscheidung wirksamen Trägheitskräfte mit sinkendem Volumenstrom und mit steigender Zyklongrösse ab. Ist der Ladungsgrad der Partikel gering, so werden die Vorteile der Elektrozyklone unwirksam. Durch die sehr kurze Verweilzeit der Partikel in dem für die Partikelaufladung vorgesehenen Teil des ersten Elektrozyklons ist dies der Fall.

Die Druckwirbelschichtfeuerung ist eine erfolgversprechende neue Verbrennungstechnik zur effizienten, umweltfreundlichen Erzeugung von Strom aus Kohle. Bei der Verbrennung entstehendes SO₂ kann durch Zugabe von Kalkverbindungen zur Kohle direkt gebunden werden. Die NO_x-Bildung ist auf Grund der niedrigen Verbrennungstemperatur von 850°C gering. Strom wird üblicherweise über einen Dampfprozess erzeugt. Eine wesentliche Steigerung des Wirkungsgrades kann aber erreicht werden, wenn die Abgase, die bei Vollast eine Temperatur von 850°C und einen Druck von 16 bar aufweisen, auf eine Gasturbine geleitet werden. Um die Gasturbinenschaufeln vor Erosion zu schützen, werden die Abgase mittels 2- oder mehrstufiger Zyklone von Partikeln gereinigt. Mit dem bekannten Verfahren werden vor allem grosse Partikel (> 5 µm), die

eine Turbinenschaufel beim Aufschlag beschädigen können, aus dem Abgas entfernt. Für die Entfernung kleinerer Partikel gibt es noch keine zufriedenstellende Lösung.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen 1 und 5 definiert ist, löst die Aufgabe, ein Verfahren und eine Entstaubungsanlage zur vollständigeren Entfernung von kleinen und grossen Partikeln aus einem Gasstrom anzugeben.

Ein Vorteil der Erfindung liegt in der geringeren Umweltbelastung durch Staub. Mit relativ einfachen Mitteln wird ein verbesserter Staubabscheidungsgrad erreicht.

Ein weiterer Vorteil liegt in dem geringen Druck- und Temperaturverlust des Agglomerators bzw. Koagulators.

Bei einer Verwendung in Kraftwerken zur Stromerzeugung kann die Lebensdauer von Gasturbinenschaufeln erhöht und die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden.

Ein weiterer Vorteil liegt in dem äusserst geringen Platzbedarf im Vergleich zu filternden Abscheidern bei einem gegebenen Abgasvolumenstrom. Der geringe Platzbedarf ermöglicht bei der Anwendung in einem Druckwirbelschichtkraftwerk die Unterbringung innerhalb des Druckgefässes für die Brennkammer.

Gemäss einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, die Entfernung der kleinen Partikeln in einem als Koagulator und Partikel-ladegerät modifizierten Elektrofilter, der in Strömungsrichtung angeordnet ist, in Kombination mit einem nachfolgenden Elektrozyklon vorzunehmen. Der modifizierte Elektrofilter wird dabei einerseits so betrieben, dass die Flugaschepartikeln in einem Wechselspiel von Abscheidung und Wiedereintrag zu grossen Partikeln koagulieren, so dass insbesondere kleine Teilchen in einem nachfolgenden Zyklon abgeschieden werden können. Andererseits verhilft die durch das Wechselspiel bedingte hohe Verweilzeit der Partikeln im Elektrofilter denselben zu einem sehr hohen Grad an elektrostatischer Aufladung, so dass die anschliessende Verwendung eines Elektrozyklons sehr wirkungsvoll ist. Dies steigert die Abscheidewirkung insgesamt und vor allem bei kleinen Partikeln von < 5 µm wesentlich. Im Elektrofilter wird das Grössenspektrum zu grossen Partikeln verschoben, was eine nachfolgende Trägheitsabscheidung vereinfacht. Auf diese Weise werden die Vorteile des Elektrofilters genutzt, und zwar die einfache und robuste Konstruktion mit geringem Wartungsbedarf, der sehr geringe Druckverlust, die hohe Niederschlagsgeschwindigkeit der Partikeln bei hoher Temperatur und hohem Druck sowie die kleine Bauausführung bei hohem Druck. Gleichzeitig kann durch die im Elektrofilter gegebene hohe Verweilzeit der Partikeln deren Ladungsgrad maximiert werden, wodurch anschliessend die Vorteile eines Elektrozyklons genutzt werden können.

Die erfindungsgemässe Entstaubungsanlage kann z.B. auch bei der Kohlevergasung angewandt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Entstaubungsanlage mit einem Koagulator, der mehrere durch Platten getrennte Koagulatorkammern aufweist und dem 2 in Reihe geschaltete Zyklo-n nachgeordnet sind,

Fig. 2 eine Entstaubungsanlage gemäss Fig. 1, jedoch mit einem Koagulator, der aus mehreren Koagulatorrohren mit Vibratoren aufgebaut ist und bei dem das 1. nachgeordnete Zyklo-n ein Elektrozyklon ist, sowie

Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung der Verschiebung der Partikelgrössenverteilung des Abgasstroms durch einen Koagulator unter atmosphärischen Bedingungen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist mit (1) ein partikel- bzw. staubhaltiges Gas bzw. Heissgas bezeichnet, das durch die Druckwirbelschichtförmung eines Kräftefelds kommt und über eine Entstaubungsanlage nicht dargestellten Gasturbinenschaufeln einer Gasturbine zugeleitet wird. Das Heissgas (1) hat bei Vollast eine Temperatur von 850°C und einen Druck von 10 bar. Die Staubpartikel sind von einem gesättigten Koagulator, z.B. einem Plattenkoagulator oder einem Koagulator-Partikelladegerät, getrennt. Koagulatorkammern (5) oder Koagulator-Partikelladegeräte (5) an Hochspannung oder Hochspannungselektroden (3) elektrisch geladen, die an der inneren Wandung des Koagulator-Partikelladegeräts (4) angeordnet sind. Die drahtförmigen Koagulator-Partikelladegeräte (3) sind in der Mitte zwischen den Platten (5) bzw. randseitig zwischen den Platten (5) und der inneren Wandung des Koagulator-Partikelladegeräts (4) angeordnet. Die Koagulator-Partikelladegeräte (3) sind auf den Abscholdplatten bzw. Koagulator-Partikelladegeräten (5) und an der Innenwand des Koagulator-Partikelladegeräts (4) gebildeten Agglomeraten (10) bzw. (14) abgehoben, während entstaubtes Zyklo-n-Abgas (10) zu einer nicht dargestellten Gasturbine geleitet wird.

deelektroden (3) in der Mitte von mehreren rohrförmigen Koagulator-Partikelladegeräten bzw. Koagulator-Partikelladegeräten (5) des Koagulator-Partikelladegeräts (4) verbunden ist. An jedem Koagulator-Partikelladegerät (5) ist ein Vibrator (6) angebracht, um an Wandungen der Koagulator-Partikelladegeräte (5) abgeschiedene Agglomerate wieder in den Heissluftstrom einzutragen bzw. eine Ablösung zu unterstützen. Die Koagulator-Partikelladegeräte (5) sind mit einem Erdpotential (12) verbunden; sie haben einen Durchmesser im Bereich von 4 cm – 50 cm, insbesondere im Bereich von 5 cm – 25 cm, vorzugsweise von 25 cm, und eine Länge im Bereich von 3 m – 7 m, insbesondere im Bereich von 4 m – 6 m, vorzugsweise von 5 m. Die inneren Elektroden (3) des Koagulator-Partikelladegeräts (4) ist hoch, also liegt im Bereich zwischen 10 m/s – 20 m/s, vorzugsweise im Bereich zwischen 10 m/s – 10 m/s. Bei einem Abgasstrom von 200 kcal/h ist die Druckwirbelschichtförmung unter Vollast besteht das Rohrbündel aus etwa 25 oder mehr Koagulator-Partikelladegeräten (5) von 25 cm Durchmesser und 5 m Länge. Die Strömungsgeschwindigkeit im Koagulator-Partikelladegerät (4) beträgt 2 m/s.

An der Rohrwandung der Koagulator-Partikelladegeräte (5) kann in deren unmittelbarer Nähe ein Hochspannungsfeld erzeugt werden, das die Koagulation der Staubpartikel unterstützt. Als Hochspannungsfeld ein zwischen Hochspannungselektroden und Wiedereintritt des Abgasstroms durch turbulente Scherung durch die Hochspannungselektroden oder durch mechanische Vibrationen oder durch die dadurch bedingte lange Verweilzeit des Abgasstroms im Koagulator-Partikelladegerät (4) erzeugt. Die sehr hohe Partikelaufladung, was zu einer hohen Elektrozyklon (8) ausgenutzt wird. Die Elektrozyklon (8) ist als Koagulator-Partikelladegerät (5) bezeichnet, dessen Partikelaufladung grösser ist als die des staubhaltigen Heissgases (1) und bei dem der Abgasstrom die Partikelaufladung höher ist als in einer normalen Elektrozyklon. Das Koagulator-Partikelladegerät (5) ist mit einem 1. Zyklo-n (9) mit einer spiralförmigen Hochspannungselektrode (11) und danach einem 2. Zyklo-n (9) ohne Hochspannungselektrode (11) verbunden. Der 2. Zyklo-n (9) ist mit einer spiralförmigen Hochspannungselektrode (11) und danach einem 2. Zyklo-n (9) ohne Hochspannungselektrode (11) verbunden. Die Koagulator-Partikelladegeräte (5) des Koagulator-Partikelladegeräts (4) können in den nachgeordneten Zyklo-nen (9, 9) mit geringem Druck (10, 14) abgeschieden werden.

Fig. 2 zeigt die Wirkung des Koagulators (Koagulator-Partikelladegerät (5)) auf den Abgasstrom (1).

Fig. 2 zeigt die Wirkung des Koagulators (Koagulator-Partikelladegerät (5)) auf den Abgasstrom (1). In der Vortafelansicht ist eine Hochspannungsquelle bezeichnet, die mit einem oder mehreren Koagulator-

Partikelladegeräten (4) der Mitte (12) sind. Die Koagulator-Partikelladegeräte (5) sind bei einer Hochspannungselektrode (3) angeordnet.

der Partikel mit einem Durchmesser kleiner als $5,8 \mu\text{m}$ liegt bei ausgeschaltetem Koagulator-Partikellader (4) bei etwa 15% der Gesamtmasse aller Partikel. Mit eingeschaltetem Koagulator-Partikellader (4) kann dieser Anteil auf etwa 7% reduziert werden.

Es versteht sich, dass bei einem Grosskraftwerk mehrere Entstaubungsanlagen (4, 8, 9) parallel vorgesehen sein können. Die Gastemperatur kann dabei im Bereich von 500°C – 1200°C und der Druck im Bereich von 5 – 20 bar liegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen von Staub aus einem Gasstrom (1),

a) wobei ein staubbeladener Gasstrom (1) erst parallel durch mehrere Koagulatorkammern (5) eines Koagulators (4) zur gegenseitigen Anlageung von Staubpartikeln und

b) danach durch mindestens einen 1. Zyklon (8) zur Abscheidung von Staub (13) aus dem Gasstrom befördert wird, dadurch gekennzeichnet,

c) dass der staubbeladene Gasstrom (1) mit einer Geschwindigkeit im Bereich von 1 m/s – 20 m/s durch den Koagulator (4) befördert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der staubbeladene Gasstrom (1) mit einer Geschwindigkeit im Bereich von 5 m/s – 10 m/s durch den Koagulator (4) befördert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im 1. Zyklon (8) ein elektrisches Feld zur besseren Staubabscheidung aufrechterhalten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

a) dass der staubbeladene Gasstrom (1) ein Heissgasstrom aus der Brennkammer eines Kraftwerkes ist,

b) insbesondere, dass der Heissgasstrom (1) eine Temperatur im Bereich von 500°C – 1200°C und einen Druck im Bereich von 5 bar – 20 bar aufweist.

5. Entstaubungsanlage (4, 8, 9) zur Abscheidung von Staub aus einem Gasstrom (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche

a) mit einem Koagulator (4), der mindestens 2 Koagulatorkammern (5) mit je einer Koagulatorelektrode (3) und einer die Koagulatorelektrode umgebenden Wand aufweist,

b) wobei jede Koagulatorelektrode (3) als zentraler Entladungsdraht innerhalb der jeweiligen Koagulatorkammer (5) ausgebildet ist und

c) der Abstand der Koagulatorelektrode (3) von der Wandung der Koagulatorkammer (5) im Bereich von $1,5 \text{ cm}$ – 25 cm liegt, sowie

d) mit einem dem Koagulator nachgeordneten 1. Zyklon (8), dadurch gekennzeichnet,

e) dass die Länge der Koagulatorkammer (4) im Bereich zwischen 3 m und 7 m liegt.

6. Entstaubungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

a) dass der Abstand der Koagulatorelektrode (3) von der Wandung der Koagulatorkammer (5) im Bereich von $2,5 \text{ cm}$ – 12 cm liegt und

b) dass die Länge der Koagulatorkammer (4) im Bereich zwischen 4 m und 6 m liegt.

7. Entstaubungsanlage nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der 1. Zyklon (8) mindestens eine Zyklonelektrode (11) aufweist.

8. Entstaubungsanlage nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass dem 1. Zyklon (8) mindestens ein 2. Zyklon (9) ohne Zyklonelektrode nachgeschaltet ist.

9. Entstaubungsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Koagulatorelektroden (3) und eine bzw. die Zyklonelektrode (11) auf einem negativen Hochspannungspotential gehalten werden.

10. Entstaubungsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Koagulatorelektroden (3) alternierend auf positives und negatives Potential gebracht werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

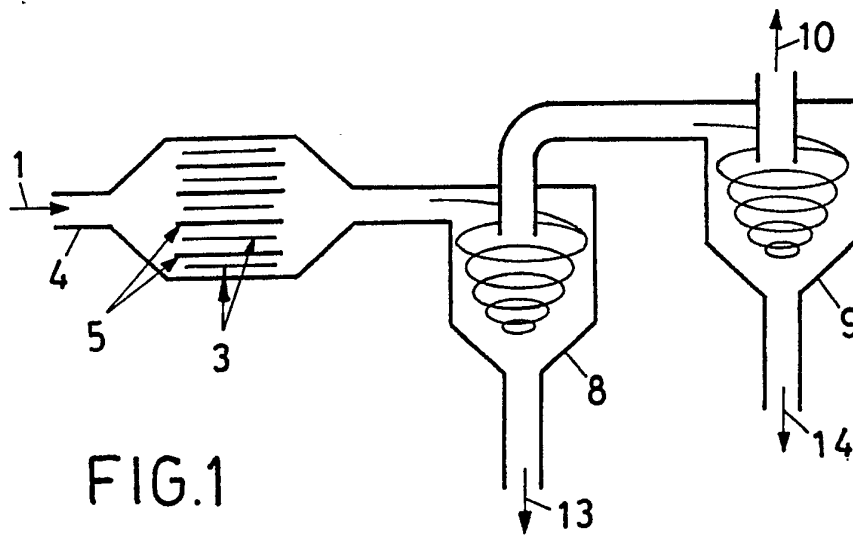


FIG. 1

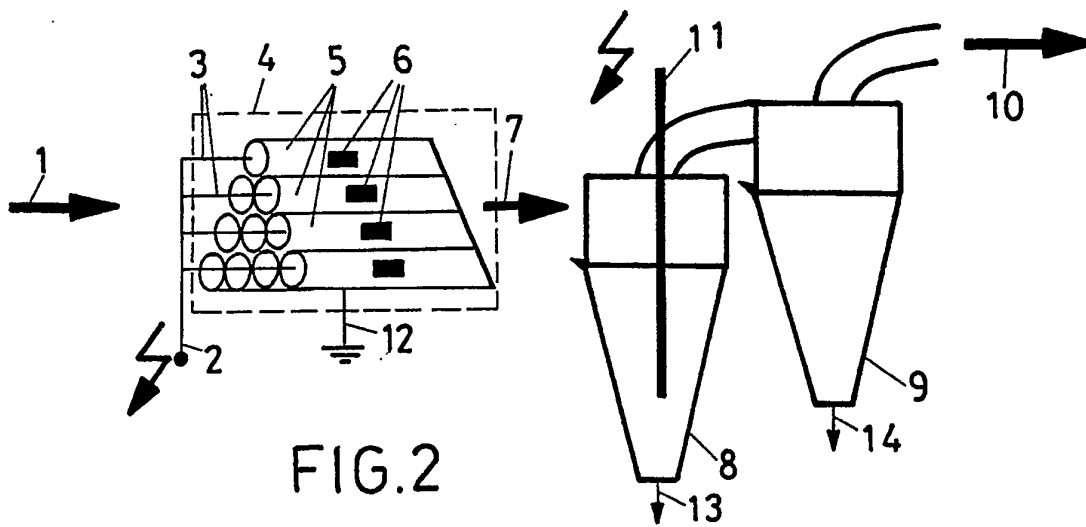


FIG. 2

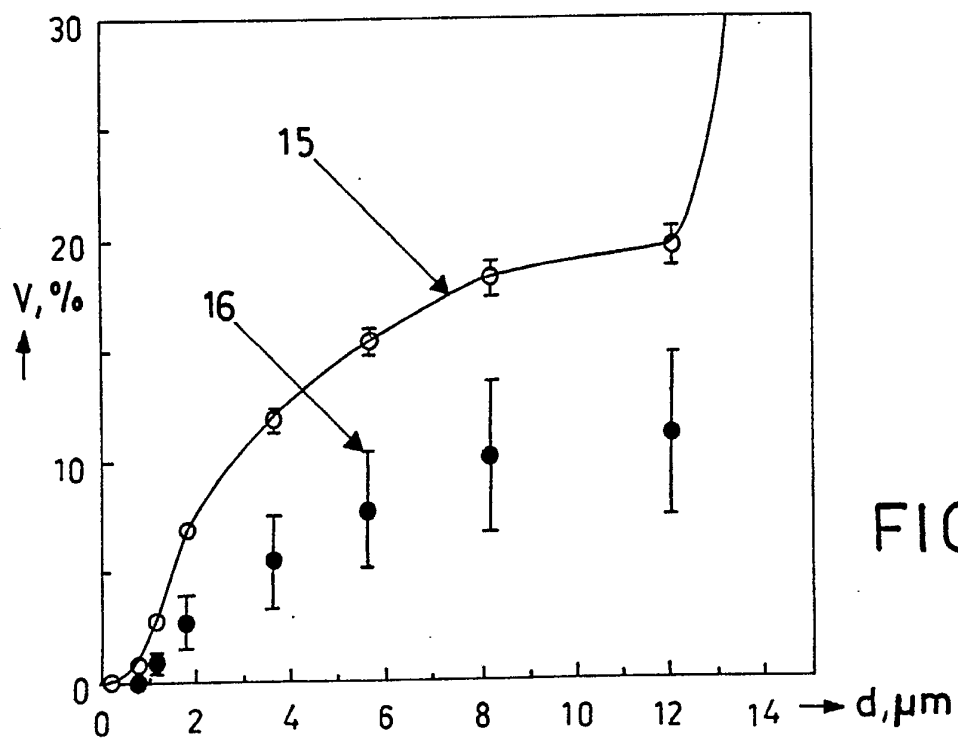


FIG. 3