



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.: F 23 G 7/00
B 01 D 47/00
G 21 F 9/06
G 21 F 9/28



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

(12) PATENTSCHRIFT A5

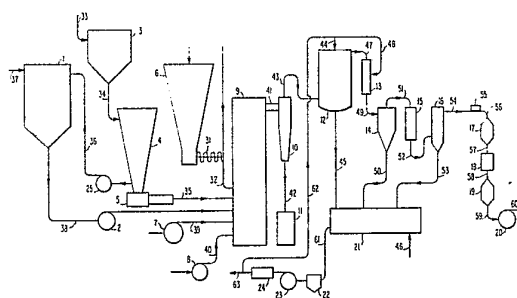
(11)

637 751

(21) Gesuchsnummer:	11423/78	(73) Inhaber:	Energy, Incorporated, Idaho Falls/ID (US)
(22) Anmeldungsdatum:	07.11.1978		
(30) Priorität(en):	08.11.1977 US 849588	(72) Erfinder:	Thomas K. Thompson, Los Alamos/NM (US)
(24) Patent erteilt:	15.08.1983		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	15.08.1983	(74) Vertreter:	Rebmann-Kupfer & Co., Zürich

(54) Verfahren zur Behandlung von Abfall, insbesondere radioaktivem Abfall.

(57) Im Verbrennungs- und Kalzinierungsverfahren wird für die Kalzinierung und Verbrennung von Abfall ein Fliessbett verwendet, dessen inertes Bettmaterial gegen Oxydierung, gegen Sinterung und gegen Angriffe durch Säuren und Basen bis zu 1000°C widerstandsfähig ist. Der zu behandelnde Abfall wird nicht ober- oder unterhalb der Fliessbettzone, sondern der Fliessbettzone unmittelbar zugeführt. Das gleiche Fliessbett wird verwendet sowohl für die Kalzinierung, wie auch für die Verbrennung. Das Verfahren ermöglicht eine Verminderung des Volumens der Rückstände.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Behandlung von Abfall, dadurch gekennzeichnet,

A) dass ein Verbrennungs- und Kalzinierungssofen (9) mit Fließbett vorgesehen wird, dessen Bettmaterial gegen Oxydierung, gegen Sinterung und gegen Angriffe durch Chemikalien mindestens bis zu 1000 °C widerstandsfähig ist;

B) dass im Ofen (9) Verbrennungsbedingungen geschaffen werden;

C) dass der Abfall dem Fließbettbereich des Ofens (9) zugeführt wird;

D) dass dem Ofen (9) sauerstoffhaltiges Gas zugeführt wird, damit Verbrennungsbedingungen aufrecht erhalten bleiben;

E) dass das Gas dem Ofen (9) mit einer Geschwindigkeit zugeführt wird, die genügend ist, um die Bettmaterialteilchen in der Form von Fliessteilchen zu behalten;

F) dass der Abfall verbrannt oder kalzinisiert wird;

G) dass ein Gasstrom dem Ofen (9) entnommen und einem Trocknenzyklon (10) zugeführt wird, in welchem Materialteilchen vom Gasstrom abgetrennt werden;

H) dass feste Teilchen dem Trocknenzyklon (10) entzogen und einem Speicherbehälter (11) zugeführt werden;

I) dass ein Gasstrom dem Trocknenzyklon (10) entnommen und einem Kühltank (12) zugeführt werden.,

J) dass dem Kühltank (12) eine Flüssigkeit zugeführt wird, mit der Bestimmung, die im Gasstrom enthaltenen Teilchen zu kühlen und zu nassen;

K) dass dem Kühltank (12) Flüssigkeitsteilchen entnommen und diese mindestens einem Wäscherlösungstank (21) zugeführt werden;

L) dass dem Kühltank (12) ein Gasstrom entnommen und dieser einem Venturi-Skrubber (13) zugeführt wird;

M) dass dem Venturi-Skrubber (13) Flüssigkeit zugeführt wird, mit der Bestimmung, die im Gasstrom verbleibenden Teilchen zu nassen und eine Kondensation von Wasserdampf zu bewirken;

N) dass dem Venturi-Skrubber (13) ein Gasstrom und nasse Teilchen entnommen und diese einem Nasszyklon (14) zugeführt werden;

O) dass dem Nasszyklon (14) Flüssigkeitsteilchen entnommen und diese dem besagten mindestens einen Wäscherlösungstank (21) zugeführt werden;

P) dass ein Gasstrom dem Nasszyklon (14) entnommen und einem Kondensator (15) zugeführt wird, in welchem Wasserdampf kondensiert wird;

Q) dass ein Gasstrom und kondensierte Flüssigkeitsteilchen dem Kondensator (15) entnommen und einem Entfeuchter (16) zugeführt werden;

R) dass Flüssigkeitsteilchen dem Entfeuchter (16) entnommen und dem besagten mindestens einen Wäscherlösungstank (21) zugeführt werden;

S) dass ein Gasstrom dem Entfeuchter (16) entnommen und einem Wärmer (55) zugeführt wird, um die Temperatur des Gasstromes zu erhöhen und die verbleibenden Flüssigkeitstropfen zu verdampfen;

T) dass der Gasstrom durch einen Filter (17) geführt wird, wobei die verbleibenden, festen Teilchen aus dem Gasstrom entfernt werden, und anschliessend durch einen Absorptionsbehälter (18), in welchem aus dem Gasstrom Halogengase entfernt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Bettmaterial Olivin vorgesehen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Olivin eine Teilchengrösse zwischen 0,5 und 1,5 mm aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kalzinierungsvorgang bei einer Temperatur von etwa 400 °C durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsvorgang bei einer Temperatur von etwa 1000 °C durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Kühltank (12) vom besagten mindestens einen Wäscherlösungstank (21) stammende Flüssigkeit zugeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Venturi-Skrubber (13) vom besagten mindestens einen Wäscherlösungstank (21) herstammende Flüssigkeit zugeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bettmaterial mit folgenden Eigenschaften verwendet wird:

15 Härte	6,0–9,0 Moh
Spezifisches Gewicht	3,2–3,9
Trockenraumgewicht	(1,60–2,00 g/cm ³ (100–125 lbs/ft ³)
Wärmeausdehnungskoeffizient	0,0149 cm/cm/ °C (0,0083 in/in/ °F)
20 Schmelzpunkt	1260–1760 °C (2300–3200 °F)
Hochtemperatur-Reaktion	Basisch
Hohe Wärmeabsorptionsfähigkeit	
25 Frei von Silikose	
Teilchengrösse	zwischen 0,5 und 1,5 mm

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bettmaterial aus einer Gruppe gewählt wird, die Chrysolit, Olivin, Kyanit, Korund, Aluminiumoxyd und Mischungen dieser enthält.

10. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 zur Behandlung von radioaktivem Abfall.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Behandlung von Abfall. Das Verfahren eignet sich insbesondere für die Behandlung von radioaktiven Abfällen, die z.B. radioaktive Halogene enthalten, beispielsweise das Isotop Jod 131.

In den letzten Jahren ist der Verbrauch an Energie, einschliesslich der Energie von Atomkraftwerken, in beträchtlichem Mass gestiegen. Die grössere Nachfrage war von grösseren Aufbereitungs- und Beseitigungsproblemen begleitet. Ein wesentliches Problem besteht darin, dass die Anzahl der Aufbereitungsanlagen stark gestiegen, und die Nachfrage nach vorhandenem Raum an den amtlich zugelassenen Ablagerungsstellen entsprechend angewachsen ist. Auch sieht es so aus, dass die Wahl neuer kommerzieller Ablagerungsstellen in der Zukunft genauer amtlicher Überwachung und strenger Regelung unterstellt werden wird.

Insbesondere wird erwartet, dass Beseitigungsanlagen für niedrig radioaktiven Abfall von den Behörden inspiziert und überwacht werden. Die Anforderungen für die Erteilung dieser bezüglicher Genehmigungen werden wahrscheinlich auch strenger werden.

Eine der Hauptsorgen bei der Beseitigung der Abfälle besteht in der Sicherheit beim Transport der behandelten Abfälle zu ihrer endgültigen Ablagerungsstelle. Zur Begegnung dieses Problems ist es wünschenswert, einerseits das Volumen der zu transportierenden Abfälle so weit wie möglich zu reduzieren, andererseits ihre Stabilität zu erhöhen. Entsprechend bezweckt die Erfindung ein Behandlungsverfahren zu schaffen, welches eine beträchtliche Herabsetzung des Volumens der Abfallmaterialien ermöglicht.

Bei der Behandlung von aus Atomkraftwerken herstammenden Abfällen besteht ein wesentliches Problem darin, dass sich die anfallenden Abfälle in ihren chemischen und physischen

Merkmale voneinander beträchtlich unterscheiden, so dass mehrere Behandlungsmethoden auf eine einzige Anlage zugeschnitten werden müssen. Die Erfindung bezweckt daher ein Behandlungsverfahren zu schaffen, welches von der chemischen Zusammensetzung der Abfallmaterialien womöglich unabhängig ist und sich zur Behandlung einer endlosen Vielzahl von Abfallmaterialien eignet.

Fliessbetten werden seit mehreren Jahren zur Kalzinierung von Flüssigkeiten und zur Verbrennung von brennbaren Abfällen in Industrieanlagen verwendet. Solche Fliessbetten sind z.B. auf Seite 239 des Fachbuches *Principles and Practices of Incineration*, von Richard C. Corey, Verlag Wiley-Interscience, New York, 1969 beschrieben. Für radioaktive Abfälle wurde ein Fliessbett-Kalzinierungsverfahren zwischen 1952 und 1959 im Idaho National Engineering Laboratory entwickelt. Flüssige radioaktive Abfälle wurden in der Waste Calcining Facility (WCF) der Anlage Idaho Chemical Processing Plant im Jahre 1963 durch Kalzinierung behandelt.

Ein mit Chargenbetrieb funktionierender Fliessbett-Kalzinierer wurde als Teil des Midwest Fuel Recovery Plant (MFRP) in Morris, Illinois für die General Electric Company gebaut. Ein Kalzinierungsverfahren mit Chargenbetrieb auf voller radioaktiver Basis wurde zwischen 1966 und 1970 im WSEP-Programm verwendet. Dieses, in Oak Ridge National Laboratory für den spezifischen Zweck der Verfestigung hoch radioaktiver, flüssiger Abfälle entwickelte Verfahren machte jedoch von keinem Fliessbett Gebrauch.

Die Verbrennung von brennbaren, radioaktiven Abfällen wird schon seit 1948 als Beseitigungsverfahren verwendet, und zwar seitdem im Mound Laboratory eine Versuchsanlage mit Verbrennungsofen und Abgasreinigungseinrichtung gebaut wurde. Früher verwendete Einrichtungen waren lediglich Anpassungen gewöhnlicher Kehrichtverbrennungsofen, mit denen nachgewiesen werden konnte, dass das Volumen der zu beseitigenden Abfälle in beträchtlichem Mass reduziert werden konnte. Versuchsdaten, die in den frühen sechziger Jahren bei General Electric Atomic Power Equipment Department in San Jose, California, gesammelt wurden, zeigten, dass etwa 99% der Radioaktivität der verbrannten Abfälle in der Asche zurückblieben. Ähnliche Versuchsergebnisse wurden in einer Verbrennungsanlage der Firma Pratt & Whitney erzielt, die wiederum zeigten, dass 99,1 bis 99,9% der Radioaktivität in der Asche zurückblieb.

Für eine Diskussion der verschiedenen, vorhandenen Verbrennungsofen zur Behandlung radioaktiver Abfälle wird auf das Fachbuch «*Incineration Facilities for Treatment of Radioactive Wastes: A Review*», LA-6252, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, 1976, hingewiesen.

Fliessbetten, die man früher zur Umwandlung flüssiger Abfallströme, einschliesslich radioaktiver Abfallströme, in feste Teilchen verwendet hatte, bestanden aus festen Produkten, die aus einer früheren Trocknung oder Kalzinierung eines flüssigen Abfallstromes, der dem zu behandelnden Abfallstrom ähnlich war, herrührten.

Dabei traten folgende Schwierigkeiten auf. Die Fliessbettteilchen waren einerseits einem Wachsen unterworfen, welches davon herrührte, dass auf der Oberfläche, von welcher das Wasser abprallte neuer flüssiger Abfall abgelagert und eine Schicht resultierender Feststoffe zurückgelassen wurde; andererseits einer Grössenabnahme, die durch die selbstschleifende Wirkung der aufeinanderprallenden Teilchen oder durch deren Aufprallung auf eine in ihrem Weg stehende Fläche verursacht wurde.

Die beiden gleichzeitigen Vorgänge, das Wachstum und die Grössenabnahme, sind vom Standpunkt einwandfreien Betriebes sehr kritisch, da die Fliessbettteilchen, wenn sie zu gross werden, nicht mehr richtig fluidisiert werden können, was den Chancen eines erfolgreich ablaufenden Vorganges ernsthafte Grenzen setzt. Andererseits werden die Fliessbettteilchen, wenn

sie zu klein werden, von der Oberfläche des Fliessbettes weggeblasen, da ihre Endgeschwindigkeit sich der Oberflächengeschwindigkeit der fluidisierenden Luft im Behälter annähert. Die Mitführung fester Teilchen durch einen Gasstrom wird gewöhnlich als Schlammung bezeichnet. Demgemäss ist es wegen dem kritischen Gleichgewicht zwischen Wachstum und Grössenabnahme in einem solchen System notwendig, die Teilchengrössenverteilung des Fliessbettmaterials kontinuierlich zu überwachen und die Betriebsbedingungen so zu regulieren, dass die Teilchengrössen unter Kontrolle gehalten werden, und die Wachstumserscheinungen so zu steuern, dass zulässige Teilchengrössen sichergestellt werden.

Diese Vorgänge, das Wachstum und die Grössenabnahme, sind von den chemischen Merkmalen und der chemischen Zusammensetzung des in feste Stoffe umzuwandelnden, flüssigen Abfallstromes stark beeinflusst. Es beeinflusst. Es ist z.B. unmöglich, Fliessbettteilchen zum Wachsen zu bringen, wenn der gesamte Feststoffgehalt (in gelöster und ungelöster Form) in der Abfallflüssigkeit kleiner als ein von der chemischen Identität der letzteren abhängiger, vorbestimmter Wert ist. Der Grund dafür ist, dass wegen der kleinen Menge der in der Abfallflüssigkeit vorhandenen, Feststoffe zu bilden fähigen Materialien, die Grössenabnahme (der Verschleiss) rascher als die Grössenzunahme (das Wachstum) stattfindet.

Die Abhängigkeit solcher Fliessbett-Kalzinierungs- und -Verdampfungsverfahren von der chemischen Identität der Abfallflüssigkeit stellt einen wichtigen Nachteil dar und erfordert zur Erzielung eines einwandfreien Betriebes eine sehr genaue Verfahrensüberwachung. Entsprechend bezweckt die Erfindung, ein Behandlungsverfahren zu schaffen, bei welchem die Kalzinierung und die Verbrennung nicht so sehr von den chemischen Merkmalen der Abfallflüssigkeit abhängig ist.

Ferner können die vorbeschriebenen Kalzinierungsverfahren wegen des erwähnten Problems der Teilchengrössenkontrolle keine sehr verdünnten Abfallflüssigkeitsströme behandeln. Dementsprechend ist es auch Zweck der Erfindung, sowohl sehr verdünnte Abfallflüssigkeiten, wie auch völlig feste Abfallmaterialien zu behandeln. Es wird ferner bezweckt, ein einziges Fliessbett bei verschiedenen Betriebsbedingungen (z.B. bei verschiedenen Temperaturen) sowohl für Kalzinierung, wie auch für Verbrennung verwenden zu können.

In einem von den Inhabern des vorliegenden Patenten herausgegebenen Büchlein mit dem Titel «*RWR-1 Radioactive Waste Reduction*», welches im Oktober 1975 bei einer in der Schweiz abgehaltenen Handelstagung erhältlich war, ist eine Einrichtung vorgeschlagen worden, bei welcher nach dem Verbrennungs- und Kalzinierungsofen ein Nachbrenner erforderlich war. (Das Büchlein enthielt keine der das Fliessbett betreffenden Details, die für die vorliegende Erfindung wesentlich sind). Entsprechend bezweckt die Erfindung, unter Berücksichtigung der erforderlichen Kontrolle bestimmter Verfahrensparameter, die Vermeidung eines separaten Nachbrenners.

Aufgabe der Erfindung ist es, die vorangehend beschriebenen Nachteile zu vermeiden, und ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchem das Volumen des Abfalls im Vergleich zu vorbekannten Verfahren kleiner ist und das Verfahren von der chemischen Zusammensetzung des flüssigen Abfalls und der Konzentration der festen Stoffe in der Abfallflüssigkeit weitgehend unabhängig ist. Ein Verfahren zur Lösung dieser Aufgabe zeichnet sich dadurch aus, dass ein Verbrennungs- und Kalzinierungsofen mit Fliessbett vorgesehen wird, dessen Bettmaterial gegen Oxydierung, gegen Sinterung und gegen Angriffe durch Chemikalien mindestens bis 1000 °C widerstandsfähig ist; dass im Ofen Verbrennungsbedingungen geschaffen werden; dass der Abfall dem Fliessbettbereich des Ofens zugeführt wird; dass dem Ofen sauerstoffhaltiges Gas zugeführt wird, damit Verbrennungsbedingungen aufrechterhalten bleiben; dass das Gas dem Ofen mit einer Geschwindig-

keit zugeführt wird, die genügend ist, um die Bettmaterialteilchen in der Form von Fliessteilchen zu behalten; dass der Abfall verbrannt oder kalzinert wird; dass ein Gasstrom dem Ofen entnommen und einem Trockenzyklon zugeführt wird, in welchem Materialteilchen vom Gasstrom abgetrennt werden; dass feste Teilchen dem Trockenzyklon entzogen und einem Speicherbehälter zugeführt werden; dass ein Gasstrom dem Trockenzyklon entnommen und einem Kühltank zugeführt wird; dass dem Kühltank eine Flüssigkeit zugeführt wird, mit der Bestimmung, die im Gasstrom enthaltenen Teilchen zu kühlen und zu nassen; dass dem Kühltank Flüssigkeitsteilchen entnommen und diese mindestens einem Wäscherlösungstank zugeführt werden; dass dem Kühltank ein Gasstrom entnommen und dieser einem Venturi-Skrubber zugeführt wird; dass dem Venturi-Skrubber Flüssigkeit zugeführt wird, mit der Bestimmung, die im Gasstrom verbliebenen Teilchen zu nassen und eine Kondensation von Wasserdampf zu bewirken; dass dem Venturi-Skrubber ein Gasstrom und nasse Teilchen entnommen und diese einem Nasszyklon zugeführt werden; dass dem Nasszyklon Flüssigkeitsteilchen entnommen und diese dem besagten mindestens einen Wäscherlösungstank zugeführt werden; dass ein Gasstrom dem Nasszyklon entnommen und einem Kondensator zugeführt wird, in welchem Wasserdampf kondensiert wird; dass ein Gasstrom und kondensierte Flüssigkeitsteilchen dem Kondensator entnommen und einem Entfeuchter zugeführt werden; dass Flüssigkeitsteilchen dem Entfeuchter entnommen und dem besagten mindestens einen Wäscherlösungstank zugeführt werden; dass ein Gasstrom dem Entfeuchter entnommen und einem Wärmer zugeführt wird, um die Temperatur des Gasstromes zu erhöhen und die verbleibenden Flüssigkeitstropfen zu verdampfen; und dass der Gasstrom durch einen Filter geführt wird, wobei die verbleibenden festen Teilchen aus dem Gasstrom entfernt werden, und anschliessend durch einen Absorptionsbehälter, in welchem aus dem Gasstrom Halogengase entfernt werden.

Der Tank oder die Tanks für die Wäscherlösung werden dabei hauptsächlich als Sammelbehälter verwendet, in welchen eine Reservemenge der Wäscherlösung gehalten wird. Die Wäscherlösung kann, wenn notwendig, vom Tank oder von den Tanks entnommen werden, um den Kühltank und den Venturi-Skrubber mit Flüssigkeit zu versorgen und/oder die Wäscherlösung in das Abfallflüssigkeitssystem der Anlage zurückzuführen. Auf diese Weise können radioaktive Halogene, die in den Wäscherlösungstank geraten sind, lange genug in der Behandlungseinrichtung gehalten werden, um ihren Zerfall in nichtradioaktive Elemente zu erlauben. Vorzugsweise wird in den Wäscherlösungstank ein Mittel zur Behandlung der Halogene eingeführt.

Das erfindungsgemässe Verfahren hat folgende Vorteile. Das Volumen der Abfälle, ob flüssig oder fest, radioaktiv oder nichtradioaktiv, wird in beträchtlichem Mass herabgesetzt. Es können konzentrierte, chemische Abfälle, Filterschlämme, für Ionenaustausch verbrauchte Harzperlen, Fetzen und andere ähnliche Materialien verarbeitet werden. Alle flüssigen und brennbaren festen Abfälle können zu wasserfreien, gekörnten Feststoffen reduziert werden.

Das Verfahren ist weitgehend unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Abfallmaterials. Es können daher die verschiedensten Abfallmaterialien in einer einzigen Anlage verarbeitet werden. Ferner können stark verdünnte Abfallflüssigkeiten, wie auch ganz feste Abfallmaterialien zur Verarbeitung kommen. Es kann dasselbe Fliessbett, bei verschiedenen Betriebsbedingungen, für Kalzinierung und Verbrennung verwendet werden. Es ist kein Nachbrenner erforderlich. Jegliche notwendige Nachverbrennung findet unmittelbar im Verbrennungs- und Kalzinierungssofen statt, und nicht nach diesem, oder nach einem nachfolgenden Behandlungsschritt in einem Zyklon.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung

anhand der Zeichnung erläutert. Diese zeigt ein schematisches Diagramm mit aufeinanderfolgenden Schritten der beschriebenen Ausführungsform des Verfahrens.

Es wird ein Verfahren zur Verarbeitung von Abfall niederer Radioaktivität beschrieben. Dabei versteht es sich, dass andere Abfallmaterialien verarbeitet werden können.

In der Zeichnung umfasst eine Zuführeinrichtung die Behälter 1, 3, 4 und 6, eine Verbrennungs- und Kalzinierungseinrichtung den Ofen 9 und eine Abgasreinigungseinrichtung die Behälter 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 und 21.

Wenn erwünscht, kann der Abfall vor seiner Einführung in die Zuführeinrichtung vorbehandelt werden. Reaktiv grosse, nicht brennbare Feststoffe, wie z.B. Werkzeuge, Rohre usw. können in einem Sortiervorgang separiert werden. Wenn notwendig können explosive Materialien durch herkömmliche Methoden entfernt werden.

Die in der Zeichnung dargestellte Zuführeinrichtung, die zum Verbrennungs- und Kalzinierungssofen 9 führt, ist für die Zuführung dreier, verschiedener Sorten von Abfällen ausgebildet. Diese umfassen einen durch niedere Radioaktivität verseuchten, brennbaren Abfall, verbrauchte Harze und Schlämme sowie flüssigen Abfall. Selbstverständlich stellt diese Zuführeinrichtung nur ein Beispiel einer unendlichen Vielzahl von Zuführeinrichtungen dar, die verwendet werden könnten, in Abhängigkeit von dem besonderen Abfall, der verarbeitet wird, und von der Tatsache, ob die Anlage schon mit einer Zuführeinrichtung ausgestattet ist.

Bei der Verarbeitung brennbaren Abfalls, kann es sich als wünschenswert erweisen, die Grössen der einzelnen Teilchen zu reduzieren, beispielsweise durch zerschnitzeln, so dass sie wirkungsvoll zum Verbrennungssofen transportiert werden können. Die maximale Grösse der Teilchen muss kleiner als der Innendurchmesser des Prozessbehälters sein und ist, wenn pneumatische Zuführung verwendet wird, durch die Strömungsgeschwindigkeit des Zuführgases begrenzt. Ausserdem muss die Teilchengrösse klein genug sein, um eine Wanderung der Teilchen zum Boden des Ofens 9, vor dem die Verbrennung stattgefunden hat, praktisch auszuschliessen.

Bei einer kommerziellen Anlage, die hier verfolgt wird, stellt der Innendurchmesser des Transportrohres die obere Grenze der Teilchengrössen dar. Die bevorzugte, grösste Abmessung der Teilchen ist bei der genannten, kommerziellen Anlage kleiner als 5,08 mm (2"). Wenn eine Reduzierung der Teilchengrösse gewünscht wird, kann dies mittels einer im Speichertrichter 6 untergebrachten Schneidvorrichtung durchgeführt werden. Wenn eine solche Schneidvorrichtung im Speichertrichter 6 vorgesehen ist, kann der Schneidvorgang gleichzeitig mit dem Trichter-Ladevorgang stattfinden, mit minimalem Aufwand und minimaler Bestrahlungsdosis. Es ist wünschenswert, dass der Speichertrichter gross genug ist, damit ein für einen ganzen Monat ausreichender Vorrat an zerschnitztem Abfall im Trichter gespeichert werden kann. Der Speichertrichter 6 soll vorzugsweise gegen die Atmosphäre isoliert sein, um der Gefahr radioaktiver Verseuchung der Umgebung vorzubeugen. Abfallmaterialien niederer Radioaktivität umfassen Schutzkleidungsstücke aus Stoff, Handschuhe, Fetzen, Kunststoffe, Atemfilter aus Papier, Holz und andere.

Der brennbare Abfall kann dem Verbrennungs- und Kalzinierungssofen 9, z.B. über einen Schraubenförderer 31 und eine Leitung 32 zugeführt werden. Es können selbstverständlich auch andere Fördermittel verwendet werden. Der Ofen 9 ist bei einem Druck gehalten, der kleiner als der Umgebungsdruck ist, und der Abfall wird einer solchen Stelle des Ofens 9 zugeführt, in welcher der Druck kleiner als der Umgebungsdruck ist.

Damit wird der Möglichkeit der Leckage radioaktiver Verseuchung vom radioaktiven Material des Systems vorgebeugt. Ein geeigneter Druck, welcher im Ofen 9 aufrechterhalten werden kann, liegt zwischen 10 und 35 mmHg, vorzugsweise 28 mmHg

Vakuum (absolut). Wenn angezeigt, kann der Schraubenförderer ein nicht dargestelltes Isolierventil aufweisen, mit der Bestimmung, eine luftdichte Dichtung zu bilden, wenn die Zuführeinrichtung ausser Betrieb ist. Die Schneidvorrichtung und der Speichertrichter 6, wie auch die zugeordneten Zuführleitungen, sind vorzugsweise aus Kohlenstahl hergestellt.

Die Durchflussleistungen der Abfallzuführvorrichtungen sind hauptsächlich von der Grösse, d.h. dem Aufnahmevolumen des Ofens 9 abhängig. Das Aufnahmevolumen des Ofens 9 wird für viele Anwendungen vorteilhaft so gewählt, dass zwischen 200 und 90,9 und 136,4 kg/Stunde (300 Pfund/Stunde) brennbaren, festen Abfalls verarbeitet werden kann. Harz- und Schlammstoffe werden über die Leitung 33 in den Tank 3 eingeführt und in diesem gesammelt. Typische Harz- und Schlammabfälle enthalten Ionenaustausch-Harzperlen, pulverförmige Harzstoffe als Filter-Hilfsschichtmaterialien (z.B. «Powdex»), nicht harzhaltige Filter-Hilfsschichtmaterialien (z.B. «Solka-floc», Diatomeen-erde, usw.) sowie Wasser in verschiedenen Mengen. Harz und Schlamm werden über die Leitung 34 in einen Misch- und Entwässerungstank 4 geführt. Vom Tank 4 wird das Material zu einem Messgerät mit Pumpe 5 geführt, worauf es über die Leitung 35 in den Ofen 9 eingespritzt wird. Das Aufnahmevolumen des Ofens 9 wird für viele Anwendungen vorteilhaft so gewählt, dass zwischen 45,5 und 79,5 kg/Stunde (100 bis 175 Pfund/Stunde) Harz- und Schlammabfall verarbeitet werden kann. Im Misch- und Entwässerungstank 4 wird der Abfall mechanisch durchrührt, was zur Vorbeugung einer Überladung, einer Verdichtung und einer Anhaftung an den Tankwänden beiträgt. Nach der Entwässerung enthält der flüssige Brei vorzugsweise nur noch soviel Wasser, dass er noch gepumpt werden kann. Ein solcher Speisebrei enthält typischerweise zwischen 70 und 80 Gewichtsprozent Feststoffe.

Das aus der Entwässerung herstammende Wasser kann in die Brei-Pumpenanlage als Auffüllwasser zurückgeführt werden, oder durch die Pumpe 5 über die Leitung 36 in den Speichertank 1 für Abfallflüssigkeit gepumpt werden. Die Pumpe 5 kann eine mechanische Verdrängerpumpe sein, welche zugleich die in den Verbrennungsöfen eingespritzte Abfallmenge misst. Wenn erwünscht, kann die Einrichtung kontinuierlich betrieben werden, da die Entwässerung, die Messung und die Einspritzung gleichzeitig stattfindende Vorgänge sind. Wenn angezeigt, kann auch die Zuführungsgeschwindigkeit des Abfalles selbsttätig gesteuert werden.

Harz und Schlamm werden in den Ofen 9 an einer Stelle eingeführt, in welcher ein Druck herrscht, der unterhalb des atmosphärischen Druckes liegt. Im allgemeinen liegt dieser Druck um 0,07 bis 0,14 kg/cm² (1 bis 2 psi) unterhalb des atmosphärischen Druckes. Die Vorrichtung zur Mischung und Entwässerung des Harzes und des Schlammes ist vorzugsweise aus rostfreiem Stahl gebaut.

Abfallflüssigkeit wird in den für diese bestimmten Tank 1 über die Leitung 37 eingeführt. Das Aufnahmevolumen des Ofens 9 wird für viele Anwendungen so gewählt, dass zwischen 136,4 und 227,3 Liter/Stunde (30 bis 50 Gallonen/Stunde) Abfallflüssigkeit verarbeitet werden kann. Die Abfallflüssigkeit wird durch die Pumpe 2 vom Tank 1 über die Leitung 38 in den Ofen 9 geführt. Vorzugsweise wird die Einspritzung in den Ofen 9 über Zerstäuberdüsen bewerkstelligt. Dabei ist die Temperatur der Abfallflüssigkeit vorzugsweise hoch genug, um die Feststoffe in der Lösung zu behalten. Diese Temperatur soll also die Sättigungstemperatur der Abfall-Feststoffe bei der Konzentration in der sie sich in der Abfallflüssigkeit befinden, überschreiten. Diese Temperatur liegt gewöhnlich zwischen 10 °C (50 °F) und 93,3 °C (200 °F), in Abhängigkeit von der Menge und der Art der Feststoffe. Dadurch wird erreicht, dass die Niederschlagung gelöster Feststoffe aus dem Abfallstrom auf die Düsen und die Fördereinrichtung wenigstens verzögert und eine anschlies-

sende Verstopfung der Prozessrohre, der Ventile, der Düsen usw. verhindert wird.

Typische Abfallflüssigkeiten enthalten zwischen 50 und 90% Wasser sowie lösliche Feststoffe, wie Natriumsulfat, Ammoniumsulfat, Natriumchlorid, Borsäure und andere. Eine besondere Abfallflüssigkeit von einem Verdampfer mit erzwungenem Umlauf eines Heisswasser-Reaktors enthält etwa 75% Wasser, 22,9% Natriumsulfat, 2% Natriumchlorid und 0,1% andere Bestandteile. Eine andere Abfallflüssigkeit von einem Verdampfer mit erzwungenem Umlauf eines Druckwasser-Reaktors enthält etwa 73,4% Wasser, 14,9% Natriumsulfat, 9,6% Ammoniumsulfat, 2% Natriumchlorid und 0,1% andere Bestandteile. Eine Borsäure-haltige Abfallflüssigkeit von einem Verdampfer mit erzwungenem Umlauf enthält etwa 87,9% Wasser, 12% Borsäure und andere Bestandteile. Die obigen Prozentwerte sollen als Gewichtsprozent verstanden werden.

Es ist verständlich, dass da für verschiedene Arten von Abfällen unterschiedliche Verarbeitungstemperaturen erforderlich sind, in Abhängigkeit davon, ob eine Kalzinierung oder eine Verbrennung durchzuführen ist, auf einmal nur ein Abfallstrom in den Ofen 9 eingeführt und in diesem verarbeitet werden kann. Wenn also einer der Ströme in den Ofen 9 eingeführt wird, sind die anderen beiden Ströme vom Ofen 9 verschlossen.

Es ist nach der Erfindung möglich, sowohl eine Kalzinierung als auch eine Verbrennung bei entsprechend eingestellten, unterschiedlichen Temperaturbedingungen im selben Ofen durchzuführen. Dies wird dadurch ermöglicht, dass für das Fließbett ein Material verwendet wird, welches gegen Oxydierung, gegen Sinterung und gegen Angriffe durch Chemikalien, wie Säuren und Basen, mindestens bis zu 1000 °C widerstandsfähig ist. Durch die Verwendung eines solchen inerten Materials können Probleme eliminiert werden, die bei früheren Fließbett-Verbrennungsöfen auftraten.

Bei diesen war zur Sicherstellung eines einwandfreien Betriebes eine genaue Überwachung der Anlage erforderlich. Der Grund dafür lag darin, dass die früher erläuterten Erscheinungen betreffend die Teilchengrößen und die Teilchengrößenänderungen nicht genügend kontrolliert wurden. Fließbettmaterialien, wie z.B. Quarz, die die obigen Eigenschaften nicht besitzen, haben sich im Verfahren nach der Erfindung nicht bewähren können.

Die vorgezogenen, inerten Materialien für das Fließbett besitzen die folgenden Eigenschaften:

45	Härte	6,0–9,0 Moh
	Spezifisches Gewicht	3,2–3,9
	Trockenraumgewicht	1,60–2,00 g/cm ³ (100–125 lbs/ft ³)
50	Wärmeausdehnungskoeffizient	0,0149 cm/cm/ °C (0,0083 in/in/ °F)
	Schmelzpunkt	1260–1760 °C (2300–3200 °F)
	Hochtemperatur-Reaktion	Basisch
55	Hohe Wärmeabsorptionsfähigkeit	
	Frei von Silikose	
	Teilchengrösse	Zwischen 0,5 und 1,5 mm

60 Einige Beispiele von Fließbettmaterialien, die sämtliche vorangehend aufgeführten Eigenschaften besitzen können, sind Chrysolit, Olivin, Kianit, Korund und Aluminiumoxyd. Die meistbevorzugten, inerten Fließbettmaterialien sind die als Olivin und Chrysolit bekannten Magnesium-Eisensilikate. Ein typisches Olivinmaterial, das sich im erfindungsgemässen Verfahren als Fließbettmaterial eignet, besitzt die folgenden chemischen und physischen Eigenschaften:

	Olivin
Härte	6,5–9,0 Moh
Trockenraumgewicht	1,60–2,00 g/cm ³ (100–125 lbs/ft ³)
Spezifisches Gewicht	3,2–3,9
Wärmeausdehnungskoeffizient	0,0149 cm/cm/ °C (0,0083 in/in/ °F)
Scheinbarer Wärmedurchgang	Niedrig
Schmelzpunkt	1260–1760 °C (2300 °F–3200 °F)
Hochtemperatur-Reaktion	Basisch
Benetzbarkeit zu geschmolzenem Metall	Im allgemeinen, nein
Chemische Reaktion	Basisch
Teilchengrösse	Zwischen 0,5 und 1,5 mm
Chemische Analyse.	Bereiche
MgO	45–49%
SiO ₂	39–43%
FeO	6– 8%
Cr ₂ O ₃	0,6–0,8%
Ni	0,2–0,3%
Al ₂ O ₃	0,2–0,8%
Spurenelemente	0,5%
Mineralogische Analyse	
Olivin	92–93%
Enstatit	5%
Serpentinen	1–2%
Chromit	1%
Summe	100%

Andere Eigenschaften

Konstanter Ausdehnungskoeffizient

Hohe Wärmeabsorption

Hohe Wärmeleitfähigkeit bei niedrigen Temperaturen

Zähe, beständige Körnung (Struktur)

Isolationsfähigkeit bei hohen Temperaturen

Die maximale Temperatur, die im Kalzinierungsvorgang verwendet wird, ist hauptsächlich durch den Schmelzpunkt der im Abfall befindlichen Feststoffe begrenzt. Die für die Verbrennung verwendete maximale Temperatur ist dagegen hauptsächlich

Leistungsfähigkeit der Einheit	49,6 m ³ /Min (1750 ft ³ /min)
Einlassgeschwindigkeit	15,24 m/sec (50 ft/sec)
Einlassleistungsabmessungen (die grössere Abmessung ist die Vertikale)	15,25 cm × 30,48 cm (0,5 ft × 1.0 ft)
Innendurchmesser des Zyklons	60,96 cm (2 ft)

Kalzinierung von Abfallflüssigkeiten

O ₂	75 kg/h	(166 lb/hr)
N ₂	389 kg/h	(858 lb/hr)
CO ₂	107 kg/h	(235 lb/hr)
H ₂ O	39 kg/h	(86 lb/hr)
Feststoffe	22,7 kg/h	(50 lb/hr)
Gesamtmenge	633 kg/h	(1395 lb/hr)
Temperatur	375 °C	
Druck	0,984 kg/cm ²	(14.0 lb/in ²)
Durchflussmenge	25,5 m ³ /Minute	(900 ft ³ /min)

Verbrennung von Harz- und Filterschlamm

O ₂	15,0 kg/h	(33 lb/hr)
N ₂	328,8 kg/h	(725 lb/hr)
CO ₂	71,2 kg/h	(157 lb/hr)
H ₂ O	63,9 kg/h	(141 lb/hr)
Feststoffe	0,9 kg/h	(2 lb/hr)

lich durch sich auf die Festigkeit des Konstruktionsmaterials des Ofens 9 beziehende, wirtschaftliche und praktische Gesichtspunkte bestimmt. Für die Kalzinierung wird die Temperatur im allgemeinen zwischen 350 °C und 550 °C, vorzugsweise aber bei 400 °C, für die Verbrennung von Harz und Schlamm zwischen 800 °C und 1000 °C, vorzugsweise aber bei 800 °C, und für die Verarbeitung von verdichtbaren Feststoffen zwischen 900 °C und 1200 °C, vorzugsweise aber bei 1000 °C, gehalten.

Ein Gas, z.B. Luft, wird über das Gebläse 7 und die Leitung 39 in den Bodenteil des Ofens 9 geblasen, mit dem Zweck, das Bett in fließendem Zustand und bei richtiger Höhe zu halten. Wenn Luft als Gas verwendet wird, liefert diese auch den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff. Wenn erwünscht, kann ausserdem über die Leitung 39 in den Ofen 9, oberhalb des Bettes, zusätzliche Luft eingeblasen werden, mit dem Zweck, eine vollständige Verbrennung herbeizuführen. Die Zuführungsgeschwindigkeit des Abfallmaterials ist mit Rücksicht auf die Höhe des Ofens 9 so gewählt, dass das Material während einer solchen Zeitperiode oberhalb des Bettes bleibt, dass jegliches notwendige Nachbrennen schon stattfindet, bevor die mitgenommenen Feststoffteilchen in den Trockenzyklon evakuiert werden. Damit wird jeglicher Nachbrenner überflüssig. Eine Gesamthöhe des Ofens 9 von etwa 4,57 m (15 ft) eignet sich zur Verarbeitung der vorangehend erwähnten Materialmengen. Die Höhe des ruhenden Bettes, die sich zur Verarbeitung der gleichen Materialmengen eignet, liegt zwischen 45,7 und 91,4 cm (18 bis 36 inches). Selbstverständlich kann die Höhe des Ofens und/oder des Bettes nach Massgabe des tatsächlich zu verarbeitenden Materials verändert werden.

Die für die Kalzinierung oder die Verbrennung und für die Vorwärmung des Bettes notwendige Wärme wird durch Verbrennung, innerhalb des Bettes, eines flüssigen Kohlenhydratbrennstoffes in einem in der Zeichnung nicht dargestellten Brenners geliefert. Der erforderliche Wärmedurchgang erfolgt zufolge der innerhalb des Bettes stattfindenden Verbrennung. Der Brennstoff wird durch die Pumpe 8 über die Leitung 40 dem Brenner zugeführt. Der Verbrennungs- und Kalzinierungs-ofen besteht vorzugsweise aus Inconel, Titan, Hastelloy oder Stahl, mit einem feuerbeständigen oder keramischen Belag. Ein Gasstrom verlässt den Ofen 9 über die Leitung 41 in Richtung des Trockenzyklons 10.

In der nachstehenden Tabelle sind einige typische Betriebsbedingungen gegeben, die für die verschiedenen Betriebsarten des die aufgeführten Abmessungen aufweisenden Trockenzyklons 10 gültig sind:

Gesamtmenge	479,8 kg/h	(1058 lb/hr)
Temperatur	800 °C	
Druck	0,984 kg/cm ²	(14 lb/in ²)
Durchflussmenge	32,56 m ³ /Minute	(1150 ft ³ /min)

Verbrennung von verdichtbarem Abfall

O ₂	20,0 kg/h	(44 lb/hr)
N ₂	396,4 kg/h	(874 lb/hr)
CO ₂	133,3 kg/h	(294 lb/hr)
H ₂ O	54,4 kg/h	(120 lb/hr)
Feststoffe	3,6 kg/h	(8 lb/hr)
Gesamtmenge	607,7 kg/h	(1340 lb/hr)
Temperatur	1000 °C	
Druck	0,984 kg/cm ²	(14 lb/in ²)
Durchflussmenge	49,56 m ³ /Minute	(1750 ft ³ /min)

Die massgebenden Abmessungen des Trockenzyklons sind diejenigen der Einlassleitung, die die Einlassmenge bestimmen, und der Einlassdurchmesser, der die innerhalb des Trockenzyklons geltenden Durchflussmengen und damit die darin entwickelten Zentrifugalkräfte festlegt. Der Trockenzyklon ist dazu bestimmt, jeglichen Feststoff aus dem Gasstrom zu entfernen, vorzugsweise mehr als 82% der im Gasstrom enthaltenen Feststoffe. Der Gasstrom dringt in den Zyklon etwa in Höhe seines Endes an einer Seite ein, so dass eine kreisförmige Drallbewegung des Gasstromes entsteht. Die vom Gasstrom abgetrennten Feststoffe setzen sich am Boden des Trockenzyklons ab und werden über die Leitung 42 zum Sammelbehälter 11 geführt. Die festen Teilchen werden dann durch herkömmliche Methoden verfestigt, zum Zwecke späterer Beseitigung, z.B. durch Vergrabung. Dabei wird mindestens 82% der Radioaktivität des festen Teilchenmaterials zusammen mit mindestens 17% radioaktiver Halogene aus dem Trockenzyklon entfernt.

Die Drallbewegung der Luft bewirkt, dass im Trockenzyklon eine Zentrifugalkraft auf die festen Teilchen einwirkt, die somit in Richtung der Wand hinwandern. Die Luftgeschwindigkeit ist als Folge einer Grenzschichtwirkung in der Nähe der Wand niedriger, so dass die Teilchen entlang der Wand nach unten zum Feststoff-Ausgang 42 gleiten. Der Gasstrom hingegen verlässt den Trockenzyklon 10 bei der oberen Mitte des letzteren über die Leitung 43 in Richtung des Kühltanks 12. Der Trockenzyklon kann aus den gleichen Materialien wie der Kalzinierungs- und Verbrennungsöfen gebaut werden.

Im Kühltank 12 wird der Gasstrom mittels eines Sprühnebel, welcher über die Leitung 44 und in der Zeichnung nicht dargestellte Einspritzdüsen in den Kühltank 12 eingeführt wird, auf etwa 70 °C abgekühlt. Im Kühltank 12 wird eine turbulente Gasbewegung hervorgerufen, welche einen engen Kontakt zwischen dem Gasstrom und den Flüssigkeitsstrom bewirkt. Dies verursacht sowohl eine Abkühlung des Gasstromes, wie auch eine Benetzung des grössten Teiles der im Gasstrom zurückgebliebenen, festen Teilchen. Die grösseren Flüssigkeitstropfen fallen zum Boden des Kühltanks 12 und werden über die Leitung 45 zu Wäscherlösungstank 21 zurückgeführt, wobei sie die benetzten, festen Teilchen mitnehmen. Die kleineren Flüssigkeitstropfen werden mit dem Gasstrom über die Leitung 47 aus dem Kühltank 12 herausgefeht. Der Kühltank und der Wäscherlösungstank bestehen vorzugsweise aus rostfreiem Stahl der Reihe 300, oder aus Inconel, Hastelloy oder Stahl, mit einem Belag aus Glas oder Teflon.

Die Flüssigkeitsteilchen werden im Wäscherlösungstank 21 mit Wasser und vorzugsweise einem Halogenfänger (d.h. mit einem Material, das die Fähigkeit besitzt, Halogene abzufangen) vermischt. Als Halogenfänger für Iod wirken Resorzin,

Natrium-Thiosulfat, Natriumsulfat, Zyklohexylamin, Kalium-Ferrozyanid, Kaliumkarbonat und Kalium-Hydroxyd. Der Halogenfänger und andere den pH-Wert ändernde Materialien können über die Leitung 46 in den Wäscherlösungstank, gewöhnlich als wässrige Lösung, eingeführt werden. Die Menge des in der Wäscherlösung verwendeten Halogenfängers ist gewöhnlich zwischen 10 und 100 ppm (Teile pro Million).

Der Gasstrom verlässt den Kühltank über die Leitung 47 in Richtung des Venturi-Skrubbers 13. Die Wäscherlösung wird über die Leitung 48 beim Hals des Venturi-Skrubbers in den Gasstrom gesprüht. Es ist wünschenswert im Venturi-Skrubber 13 eine Sättigung und eine Mitnahme von Wasser zu erwirken, um die Benetzung der im Kühltank 12 nicht benetzten Teilchen zu erleichtern. Der den Ofen 9 verlassende Gasstrom enthält Wasserdampfmengen in der Grössenordnung von 9 bis 17%. Als der Gasstrom durch den Kühltank 12 hindurchgeführt wurde, nahm er ausserdem, zusätzlich zu mitgenommenem Wasser Wasserdampf auf. Beim Venturi-Skrubber ist der Gasstrom mit Wasserdampf im wesentlichen gesättigt. Die Sättigung wird durch Einspritzung zusätzlicher Wäscherlösung, über die Leitung 48, in den Gasstrom, wenn dieser durch den Hals des Venturi-Skrubbers 13 hindurchgeht, sichergestellt. Wenn der Gasstrom durch den Hals des 13 hindurchgeht, sichergestellt. Wenn der Gasstrom durch den Hals des Venturi-Skrubbers 13 hindurchgeht, fällt der Druck, was wiederum eine Erhöhung der Feuchtigkeitsmenge zur Folge hat, die das Gas in der Form von Dampf behalten kann. Es findet also eine Verdampfung statt. Sobald der Gasstrom den divergierenden Teil des Venturi-Skrubbers erreicht, sinkt seine Geschwindigkeit, und sein Druck steigt an, so dass eine Kondensation von Wasserdampf stattfindet. Diese Kondensation hat die Wirkung, dass die vorhandenen Tröpfchen grösser werden, und dass sich auf unbenetzten Teilchen, die als Kondensationskerne wirken, neue Tröpfchen bilden.

Es ist ersichtlich, dass der hauptsächliche Zweck des Kühltanks und des Venturi-Skrubbers die Kühlung des Abgases ist, um so viele der festen Teilchen wie möglich zu benetzen und damit ihre Entfernung zu erleichtern. Es ist leichter einen Flüssigkeitstropfen als ein viel kleineres, festes Teilchen zu entfernen. Die Flüssigkeitsteilchen werden anschliessend entfernt, ob sie aus lösbarem Material bestehen, das im Tropfen in Lösung gegangen ist, oder aus unlösbarem Material, das als benetztes, festes Teilchen im Tropfen verblieben ist. In beiden Fällen bewegt sich das feste Teilchen zusammen mit dem flüssigen Tropfen. Der Venturi-Skrubber kann aus den gleichen Materialien wie der Kühltank gebaut werden. In der nachstehenden Tabelle sind einige typische Prozessparameter aufgeführt, die sich auf einen Kühltank und einen Venturi-Skrubber, mit den spezifizierten Abmessungen, beziehen.

50

	Kühltank	Venturi-Skrubber
Gasdurchsatz	25,5–51,0 m ³ /Min (900–1800 ft ³ /min)	14,2–25,5 m ³ /Min (500–900 ft ³ /min)
Einlasstemperatur	400–1000 °C	60–75 °C
Auslasstemperatur	60–75 °C	45–65 °C
Einlassdruck	0,96 kg/cm ² (13,7 psia)	0,96 kg/cm ² (13,7 psia)
Δ p	vernachlässigbar	0,14 kg/cm ² (2 psi)
Wäscherlösung	22,7 l/Min (5 gpm)	50,0 l/Min (11 gpm)
Abmessungen	1,22 Durchm. × 2,44 m (4 ft dia × 8 ft)	15,24 cm Durchm. (6" dia) 81,28 cm Länge (32 in) 6,86 cm Hals (2,7 in)

Ein Gasstrom, der Flüssigkeitsteilchen enthält, wird über die Leitung 49 dem Venturi-Skrubber entnommen und in den Nasszyklon 14, in der Nähe dessen oberen Endes eingeführt. Die Flüssigkeit läuft im Nasszyklon 14 an dessen Seite herunter,

zu einem in seinem Boden befindlichen Ausfluss. Die Flüssigkeit wird von hier über die Leitung 50 aus dem Zyklon 14 in Richtung des Wäscherlösungstanks 21 abgeführt.

Typisch Betriebsparameter für den Nasszyklon 14 sind

nachstehend aufgeführt. Betriebstemperatur: 45–65 °C; Einlassdruck: etwa 0,84 kg/cm² (12 psia); Δp : etwa 0,04 kg/cm² (0,5 psia); Gasdurchsatz: 11,3–21,2 m³/Min (400–750 ft³/min).

Ein Gasstrom wird vom Oberteil des Nasszyklons 14 über die Leitung 51 entnommen und zu einem Kondensator 15 geführt, in welchem der Gasstrom gekühlt wird. Der Kondensator kann ein Mantel- oder ein Rohr-Wärmeaustauscher sein. Im Kondensator wächst die Grösse der Flüssigkeitsteilchen bis zu einem Punkt an, bei welchem eine beträchtliche Menge des im Gasstrom enthaltenen Wassers zufolge von Gravitations- oder Impulswirkungen entfernt wird. Wenn die Entfernung durch einen Gravitationsmechanismus bewerkstelligt wird, sind die Tropfen so gross, dass sie zum Boden des Behälters fallen. Wenn hingegen die Entfernung mittels eines Impulsmechanismus stattfindet, sind die Tropfen nicht gross genug, um aus dem Gasstrom hinauszufallen; sie sind jedoch dazu gross genug, dass wenn sich die Richtung des Gasstromes plötzlich ändert, die Tröpfchen auf die Wand oder auf ein anderes, festes Material, das die Richtungsänderung hervorgerufen hat, aufprallen.

Typische Betriebsparameter für den Kondensator 15 sind die Nachstehenden. Gasdurchsatz: 11,3–22,6 m³/Min (400–800 ft³/min); Kühlflüssigkeitsdurchsatz: 22,7–90,9 l/Min (5–20 gpm); Einlasstemperatur: 45–65 °C; ΔT : 10–30 °C; Einlassdruck: 0,81 kg/cm² (11,5 psia); und Δp : 0,14 kg/cm² (2 psia).

Der Gasstrom und die Flüssigkeitstropfen verlassen den Kondensator über die Leitung 52 in Richtung des Entfeuchters 16. Dieser entfernt die Flüssigkeitsteilchen mittels der Impulswirkung. Der Gasstrom wird durch einen aus gewebten Fasern hergestellten Filter hindurchgeführt, welcher rasche und häufige Richtungsänderungen des Gases bewirkt. Da die Flüssigkeitstropfen jedoch so gross sind, um so rasch wie die Gasteilchen die Kurve zu machen, stossen sie mit den Filterfasern aufeinander. Die Flüssigkeitstropfen laufen dann der Faser entlang zur Wand des Entfeuchters 16, und von da zum Auslauf und zur Leitung 53, welche die Flüssigkeitstropfen zum Wäscherlösungstank 21 zurückführt.

Der Gasstrom verlässt den Entfeuchter 16 in der Nähe dessen oberen Endes über die Leitung 54 in Richtung eines Wärmer 55, welcher den Gasstrom auf eine Temperatur von 40–55 °C aufwärmt. Der Wärmer hat die Funktion, die relative Feuchtigkeit des Gasstromes zu steuern, mit dem Zweck, den Filter 17 von durch Überlastung mit Feuchtigkeit auftretender Verstopfung zu schützen. Vom Wärmer 55 wird der Gasstrom über die Leitung 56 zum Filter 17 geführt, in welchem feste Teilchen, die nicht benetzt worden sind, oder die dann gebildet werden, wenn die im Entfeuchter nicht entfernten Tröpfchen im Wärmer verdampft wurden, eingefangen werden. Der Filter besteht aus einem Medium mit sehr kleinen Öffnungen, und die Teilchen werden durch Aufprall entfernt.

Der Gasstrom verlässt den Filter 17 über die Leitung 57 und wird in einen Halogen-Adsorberstoff 18 geführt, welcher Halogene durch Adsorption entfernt. Die Halogenatome werden durch eine chemische Bindung mit dem adsorptionsmittel auf der Oberfläche des Materials gehalten und zerfallen zu einem stabilen Atom. Radioaktives Jod zerfällt z.B. zu stabilem Xenon. Als Adsorptionsmaterialien können z.B. Adsorptionskohle oder durch Silber imprägnierte Feststoffe, wie Silbersilikate oder Silberzeolite dienen.

Die Temperatur des Gasstromes bei seinem Durchgang durch den Filter 17 liegt zwischen 40 und 55 °C, wogegen der Durchsatz desselben Gasstromes zwischen 1590 und 2500 l/Min (250 bis 550 ft³/min) liegt. Folgend auf den Jod – Adsorber wird der Gasstrom über die Leitung 58 zu einem zweiten Filter geleitet. Die Kombination der beiden Filter 17 und 19 mit dem Jod – Adsorber 18 ist im Handel erhältlich und muss nicht eingehender beschrieben werden. Der den Filter über die Leitung 59 verlassende Gasstrom ist in genügendem Mass entseucht, dass die im Gas enthaltenen Mengen radioaktiven Materials wesentlich unter dem Niveau liegen, das gemäss der Genehmigung zum Betrieb der Anlage zulässig ist, und können demgemäss mittels einer Pumpe 20 und einer Leitung 60 in die Atmosphäre ausgestossen werden.

Wie früher erwähnt, kann in den Wäscherlösungstank 21 über die Leitung 46 ein Halogenfänger eingeführt werden, um die Halogene in der Form von Ionen in der Lösung zu halten, damit sie zu einer stabilen, nichtradioaktiven «Tochter» zerfallen. Wenn erwünscht, kann ausserdem in der Leitung 61, zwischen dem Wäscherlösungstank 21 und der Pumpe 23, ein Sieb 22 zur Entfernung fester Teilchen eingeschaltet werden. Anschliessend wird eine Wäscherlösung einem Wärmeaustauscher 24 zugeführt, in welchem sie genügend gekühlt wird, so dass ein Teil derselben über die Leitung 62 als Sprühflüssigkeit dem Kühltank 12 und dem Venturi-Skrubber 13 zurückgeführt werden kann. Der Rest der Wäscherlösung kann dann über die Leitung 63 dem Speichertank 1 zurückgeführt werden. Stromabwärts des Wärmeaustauschers 24 beträgt die Temperatur typischerweise etwa 30 °C. Der Durchsatz der zum Kühltank 12 und dem Venturi-Skrubber 13 geleiteten Wäscherlösung beträgt typischerweise etwa 68,2 l/Min (15 gpm), und derjenigen der zum Wäscherlösungstank zurückgeführten Wäscherlösung etwa 45,5 l/Min (10 gpm).

Die Erfindung macht es möglich, bei trockenen, verdichteten Feststoffen das Volumen durch einen Faktor von mindestens 80, bei verbrauchten Harzstoffen durch mindestens 18, bei konzentrierten Flüssigkeiten durch mindestens 8 und bei Filterschlamm durch mindestens 5 zu verringern.

