



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 786 A5

⑤① Int. Cl. 4: F 25 C 1/16
C 02 F 1/22

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 1646/86

㉔ Anmeldungsdatum: 23.04.1986

㉔ Patent erteilt: 14.08.1987

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 14.08.1987

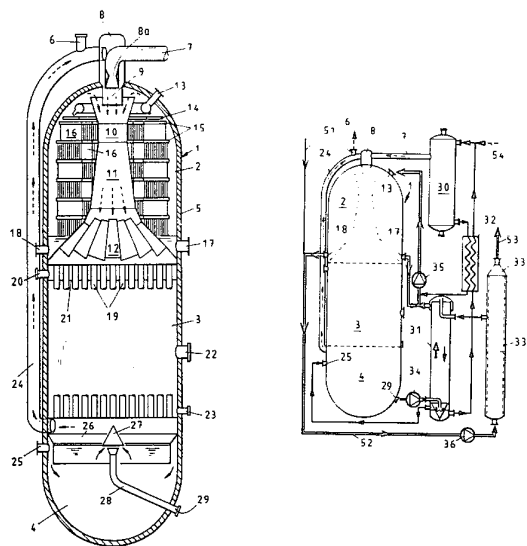
㉔ Inhaber:
Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur

㉔ Erfinder:
Ehram, Christian, Dr., Winterthur

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung einer Eiskristallsuspension mittels Gefrierverdampfung am Tripelpunkt.

⑤⑦ In zwei Zonen (2 und 3, 4) wird eine primäre und eine sekundäre Eiskristallsuspension am Tripelpunkt erzeugt. Die primäre Eiserzeugung erfolgt durch Kondensation eines verdichteten Dampfgemisches, bestehend aus Wasser und Aethanol bei seinem Tripelpunkt. Hierbei entsteht ein heterogenes Gemisch aus Eiskpartikeln und wässriger Aethanollösung. Aus der anschliessend erfolgenden Erzeugung einer Eiskristallsuspension wird Aethanol mittels Wasser ausgewaschen und aus der gereinigten Eiskristallsuspension durch Gefrierverdampfung die sekundäre Eiskristallsuspension gewonnen, die das Produkt bildet.

Dieses Verfahren ermöglicht eine kontinuierliche Kristalleiserzeugung. Da eine reduzierte Kompressionsleistung für die Verdichtung des bei der Gefrierverdampfung auftretenden Dampfes benötigt wird, ist die Durchführung in einem Eiserzeugungsapparat (1) mit Hilfe eines Dampfstrahlverdichters (8, 9, 10, 11, 12) und somit ohne mechanisch bewegte Anlagenteile von Vorteil.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Erzeugung einer Eiskristallsuspension mittels Gefrierverdampfung am Tripelpunkt, wobei der entstehende Dampf verdichtet und anschliessend kondensiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass dem Dampf vor seiner Verdichtung ein Stoff zugemischt wird, der in Wasser löslich ist und leichter als Wasser siedet, und dass das Gemisch durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Kühlmittel auf seinen Tripelpunkt gekühlt, kondensiert und teilweise ausgefroren wird, wobei ein heterogenes Gemisch von Eiskristallen und Flüssigkeit entsteht, dass sodann aus mindestens einem Teil des Eis-Flüssigkeitsgemisches eine weitere Eiserzeugung durch Gefrierverdampfung erfolgt, bevor der hierbei entstehende Dampf verdichtet und die entstandene Eiskristallsuspension zu Produkt aufbereitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wässrige Lösung, die bei der Kondensation des verdichteten Wasserdampfes und dem zugemischten Stoff entsteht, beim Tripelpunkt einen Dampfdruck aufweist, der nicht höher als der Dampfdruck von reinem Wasser am Tripelpunkt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als zugemischter Stoff Äthanol verwendet wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Apparat (1) zur Erzeugung von Eiskristallsuspension mit einem ersten Raum (2) aufweist, in welchem eine Eiskristallsuspension durch Gefrierverdampfung erzeugt wird, dass der Apparat einen zweiten Raum (3) aufweist, in welchem Elemente (19) mit Wärme übertragenden Flächen angeordnet sind, und worin eine Kondensation des aus Wasserdampf und dem Zusatzstoff bestehenden Gemisches und ein Ausfrieren von Eiskristallen an den Oberflächen der Elemente (19) erfolgt, dass zwischen den beiden Räumen (2, 3) ein Verdichter (8 bis 12) angeordnet ist, und dass mit dem zweiten Raum (3) ein dritter Raum (4) verbunden ist, in welchem Mittel zur Suspendierung des im zweiten Raum (3) hergestellten Eises vorgesehen sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verdichtung des Dampfes mehrere Verdichter parallel angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Apparat (1) als bauliche Einheit ausgeführt ist, wobei die drei Räume (2, 3, 4) senkrecht übereinander stehen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter ein Dampfstrahlverdichter (8 bis 12) ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass an den oberen Teil des dritten Raumes (4) des Apparates (1) eine Ableitung (24) für Rückführung von mit Zusatzstoff angereichertem Wasserdampf in den Ansaugraum des Verdichters (8 bis 12) angeschlossen ist.

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückföhrleitung (24) in die erste Stufe (8, 9) des Dampfstrahlverdichters (8 bis 12) föhrt.

10. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass an den dritten Raum (4) des Apparates (1) eine, in einen Gegenstromwäschler (31) föhrende Leitung angeschlossen ist, dass der obere Teil des Gegenstromwäschlers (31) über eine Förderleitung für Eiskristallsuspension mit dem oberen Teil des ersten Raumes (2) verbunden ist, und dass weiterhin ein Dampferzeuger (30) angeordnet ist, welcher wasserseitig mit dem Gegenstromwäschler (31) und dampfseitig mit dem Verdichter (8 bis 12) über Leitungen verbunden ist, und dass an den unteren Teil des Gegenstromwäschlers (31) eine Ableitung für Wasser in den

Einlass (25) des dritten Raumes (4) des Apparates (1) angeschlossen ist.

11. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den unteren Teil des ersten Raumes (2) eine Ableitung für Eiskristallsuspension angeschlossen ist, in welche die Zuföhrleitung (51) für Speisewasser mündet, und dass die Ableitung (52) des aus Speisewasser und Eiskristallsuspension bestehenden Gemisches an eine Entwässerungs-Einheit (33) angeschlossen ist, welche eine Ableitung (53) für eingedicktes Produkt aufweist, und die wasserseitig mit dem Gegenstromwäschler (31) verbunden ist.

12. Anlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den unteren Teil des ersten Raumes (2) des Apparates (1) eine Ableitung angeschlossen ist für Rückföhrung einer Teilmenge der Eiskristallsuspension in den oberen Teil des ersten Raumes (2).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Eiskristallsuspension mittels Gefrierverdampfung am Tripelpunkt gemäss Oberbegriff von Anspruch 1, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Aus der US-PS 4 474 031 ist beispielsweise eine Wärmepumpenanlage bekannt, in welcher in einem Vakuumtank Eis durch Desublimation von unverdichtetem Wasserdampf erzeugt wird. Ein wesentlicher Nachteil des bekannten Verfahrens besteht darin, dass nur ein Chargenbetrieb möglich ist, und deshalb nur diskontinuierlich Eis erzeugt werden kann.

Bei einem anderen bekannten Verfahren, wie es z.B. in der US-PS 4 003 213 beschrieben wird, soll im Zusammenhang mit einem Wärmepumpen-Prozess ebenfalls eine Eiskristallsuspension in einem Vakuumtank am Tripelpunkt erzeugt werden. Hierbei wird der entstehende Dampf, nach Beimischung eines Antifrostmittels, durch indirekten Wärmeaustausch mit einem hierbei verdampfenden Kältemittel kondensiert.

Ein solches Verfahren ist äusserst aufwendig, da der im Antifrostmittel auskondensierte Dampf anschliessend wieder ausgetrieben werden muss.

Aus der gleichen US-PS ist ein weiteres Verfahren zur Eiserzeugung durch Gefrierverdampfung am Tripelpunkt bekannt, wobei der entstehende Dampf verdichtet und bei einer Temperatur oberhalb des Tripelpunktes durch Wärmeaustausch z.B. mit Umgebungsluft kondensiert werden soll.

Ein ähnliches Verfahren ist aus dem Buch «Principles of Desalination» von K.S. Spiegler, ed. New York, 1966 (Academic Press) / Kapitel 7 «Freezing Methods» von A.E. Snyder, bekannt.

Bei dem bekannten Verfahren zur Meerwasserentsalzung wird ein Vorkühler verwendet, in welchem Eiskristallkeime gebildet werden sollen, die im weiteren Prozess zur Erzeugung von Eiskristallen durch Kristallwachstum dienen. Die Kondensation des entstehenden und anschliessend verdichteten Dampfes erfolgt ebenfalls bei einer oberhalb des Tripelpunktes liegenden Temperatur. Wesentliche Nachteile der beiden zuletzt genannten Verfahren bestehen darin, dass für grosse Volumenströme und aufwendige Kompressoren infolge relativ grosser Verdichtungsverhältnisse (> 1.3) erforderlich sind.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine kontinuierliche Herstellung von Eiskristallsuspensionen für grosse Volumenströme zu erzielen, wie sie beispielsweise zur Klimatisierung von Bergwerken erforderlich sind, bei einem möglichst reduzierten Verdichtungsverhältnis. Dieses erlaubt die Dampfkompression mit einfachen

Mitteln durchzuführen, die bei grösseren Verdichtungsverhältnissen wegen schlechten Wirkungsgrades unvorteilhaft wären.

Diese Aufgabe wird mit Hilfe der im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen bzw. Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens ergeben sich aus den Kennzeichen der Ansprüche 2 bis 3.

Vorrichtungen bzw. Anlagen zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens werden in den Kennzeichen der Ansprüche 4 bis 12 angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Fig. 1a zeigt in schematischer Darstellung einen Schnitt durch einen Apparat zur Herstellung einer Eiskristallsuspension.

In Fig. 1b ist ein Detail des Apparates perspektivisch dargestellt.

Die Fig. 2a und 2b zeigen in jeweils einem Schema einen Apparat gemäss Fig. 1a im Zusammenhang mit einem zugehörigen Dampf/Wasser/Eis-Kreislauf (Produktkreislauf) bzw. mit einem zugehörigen Kältemittelkreislauf.

Der in Fig. 1a dargestellte Eiserzeugungsapparat 1, im folgenden mit Eiserzeuger bezeichnet, weist einen Gefrierverdampfungsraum 2, einen Kondensationsraum 3 und einen Bodenraum 4 auf.

Der Eiserzeuger 1, der unter Vakuum steht, ist von einem druckfesten Mantel 5 umschlossen. Der Anschluss an eine nicht dargestellte Vakuumpumpe erfolgt über eine Absaugleitung 6.

Eine Treibdampf-Leitung 7 mündet in eine Düsenkammer 8 eines Dampfstrahlverdichters im oberen Teil des Eiserzeugers 1. An die Düsenkammer 8 ist ein erster Mischraum 9 und an letzteren ein zweiter Mischraum 10 angeschlossen. Ein Hauptdiffusor 11 ist mit einem Bündel 12 von facettenartig aufgebauten, kleinen Diffusoren verbunden.

Im Raum 2 ist ein Grob-Verteiler 13 für rezirkulierte Eiskristallsuspension (sekundäres Eis) und ein Fein-Verteiler 14 angeordnet. Für die Führung der Eiskristallsuspension sind beispielsweise aus Kunststoffrohren 15a bestehende Roste 15 unterhalb des Fein-Verteilers 14 angeordnet (s. Fig. 1b).

Die während des Betriebes über die Roste 15 freifallende Eiskristallsuspension in Form von Schichten ist mit der Bezugsziffer 16 bezeichnet.

An den unteren Teil des Raumes 2 sind zwei Austrittsstutzen 17 und 18 für die Eiskristallsuspension angeschlossen.

Im Raum 3 ist ein Kondensator-Verdampferrohr 19 aufweisender Fallfilmverdampfer angeordnet. An den Raum 3 ist ein Eintrittsstutzen 20 sowie zwei Austrittsstutzen 22 und 23 für Kältemittel angeschlossen. Die Rohre 19 werden über einen Verteilboden 21 mit dem zu verdampfenden Kältemittel beschickt. An den unteren Teil des Raumes 3 ist eine Rückführleitung 24 für Wasserdampf angeschlossen, der mit einem Zusatzstoff angereichert ist.

In den Bodenraum 4 des Eiserzeugers 1 mündet ein Stutzen 25 für die Zuführung von Wasser, das arm an Zusatzstoff ist. Im oberen Teil des Raumes 4 ist ein Verteiler 26 für Wasser angeordnet, der im wesentlichen aus einem Ringkanal mit schräger Abdeckung besteht. Im Zentrum des Verteilers 26 ist ein Abweiskegel 27 für abgetautes Eis angeordnet. Eine Leitung 28 und Auslaufstelle 29 dient zur Ableitung einer im Bodenraum 4 erzeugten Eiskristallsuspension (primäres Eis).

Im folgenden werden anhand der Fig. 2a und 2b der Produktkreislauf und der Kältemittelkreislauf beschrieben.

Wie aus Fig. 2a hervorgeht, weist der Produktkreislauf einen Dampferzeuger 30, einen Gegenstromwäscher 31 für primäres Eis, einen Gegenstrom-Wärmeaustauscher 32 und eine Entwässerungseinheit 33 mit einem rohrförmigen Sieb 33a auf. Weiterhin ist im Produktkreislauf eine Pumpe 34 für die primäre Eissuspension, eine Umwälzpumpe 35 für die sekundäre Eissuspension sowie eine Produktpumpe 36 vorgesehen.

Im Kältemittelkreislauf gemäss Fig. 2b ist eine Kältemittelpumpe 37, ein Kondensator 38 für komprimierten Kältemitteldampf mit einem Zulaufstutzen 39 und ein Ablaufstutzen 40 für Kühlwasser, zwei Kältemittelkompressoren 41 und 42, Drosselventile 46 und 46' und ein zum Kondensator-Verdampfer 19 parallel geschalteter Kondensator-Verdampfer 50 angeordnet. Im Kopfteil des Kondensators 38 befindet sich ein Abscheider für flüssiges Kältemittel 43, der gleichzeitig ein Enthitzer für das im Kompressor 41 verdichtete und überhitzte Kältemittel ist, welches durch ein Verteilrohr 45 in den Abscheider 43 eingeleitet wird. Mit dem oberen Teil des Abscheiders 43 ist ein Überlauf 44 verbunden. Die Funktionsweise der Ventile 47 bis 49 wird an nachstehender Stelle angegeben.

Im folgenden wird die Betriebsweise des Eiserzeugers 1 im Zusammenhang mit dem Produktkreislauf und dem Kältemittelkreislauf erläutert.

Der bei der Gefrierverdampfung im Raum 2 entstehende Wasserdampf wird in dem aus der Treibdüse 8a, der Düsenkammer 8, den Mischräumen 9 und 10 und den Diffusoren 11 und 12 bestehenden Dampfstrahlverdichter komprimiert. Hierbei wirkt als Treibmittel Dampfgemisch aus der Leitung 7, das zunächst das aus dem Raum 4 über die Leitung 24 herangeführte Dampfgemisch durch Vermischung beschleunigt. Der so entstandene Dampfstrahl wirkt danach als Treibstrahl für den Niederdruckdampf aus dem Gefrierverdampfungsraum 2.

Das Dampfgemisch besteht aus Wasserdampf und einem Zusatzstoff, der in Wasser löslich ist und leichter als Wasser siedet. Beim Gefrieren wird der Zusatzstoff nicht in die Eiskristalle eingebaut. Im Ausführungsbeispiel soll Äthanol verwendet werden. Dieses hat den Vorteil, dass Äthanol zudem beim Tripelpunkt einen Dampfdruck aufweist, der niedriger als der Dampfdruck von reinem Wasser (6.1 mbar) ist. Hierdurch wird eine Erniedrigung des Tripelpunktes des Gemisches auf beispielsweise 5.9 mbar im Raum 3 erzielt.

Im Raum 2 wird vorteilhaft bei einem möglichst hohen Dampfdruck von beispielsweise ca. 5.8 mbar an der Oberfläche der gefrierverdampfenden Eiskristallsuspension gearbeitet, was durch an späterer Stelle angegebene Massnahmen erreicht werden kann.

Da erfindungsgemäss ein relativ kleines Druckverhältnis von Raum 3/Raum 2 von beispielsweise ca. 1.1 erreicht werden kann, und grosse Volumenströme im allgemeinen verarbeitet werden müssen, wirkt sich dieses günstig auf die Kompressionsleistung aus. Es kann daher mit Vorteil ein Dampfstrahlverdichter eingesetzt werden, so dass der gesamte Eiserzeugerapparat als Einheit ohne mechanisch bewegte Teile ausgebildet werden kann. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Erfindung auch die Anwendung von Axial- oder Radialkompressoren umfassen soll.

Im als Kondensator-Verdampfer ausgebildeten Raum 3 des Eiserzeugers 1 wird das in die Rohre 19 eintretende Dampfgemisch durch Wärmeaustausch mit verdampfendem Kältemittel teilweise kondensiert.

Auf den inneren Oberflächen der Rohre 19 entsteht bei der Kondensation des Dampfgemisches «primäres Eis». Aufgrund des Zusatzstoffes, im Ausführungsbeispiel Äthanol, welches mit auskondensiert, wächst das primäre Eis in Form feiner Eisschuppen, die ein heterogenes Gefüge von Eiskri-

stallen und wässriger Äthanollösung bilden.

Wenn, wie erwähnt, es auch von besonderem Vorteil ist, einen Zusatzstoff zu verwenden, dessen Dampfdruck beim Tripelpunkt nicht höher als der Dampfdruck von reinem Wasser am Tripelpunkt ist, so umfasst die Erfindung auch solche Stoffe, die zwar im Wasser löslich und flüchtiger als Wasser sind, jedoch keine Tripelpunktserniedrigung aufweisen. Z.B. könnte auch Aceton als Zusatzstoff verwendet werden, durch dessen Zugabe eine Gefrierpunktserniedrigung erzielt und ebenfalls eine Bildung eines Gemenges von Eiskristallen und Kondensat in den Rohren 19 erreicht wird.

Für den Transport der Eispartikel in den Raum 4 ist es lediglich erforderlich, diese in ihrem Grenzbereich an der Rohrwand anzuschmelzen. Hierzu wird kurzzeitig heisser Kältemitteldampf durch den die Rohre 19 umgebenden Raum geleitet, wobei der Kältemitteldampf kondensiert.

Nach dem Abtauen sind die Oberflächen mit einem Film von flüssigem Kondensat bedeckt. Es erfolgt ein Absaugen des Kältemitteldampfes und Unterkühlung des Kondensatfilms und darauf Keimbildung an den Rohroberflächen.

Der im Grenzbereich von Raum 3 zu Raum 4 austretende Wasserdampf ist an Äthanol angereichert und wird durch Leitung 24 dem Dampfstrahlverdichter zugeführt.

Im Raum 4 erfolgt eine Umwandlung des teilgefrorenen Kondensats in eine Eiskristallsuspension. Das partiell d.h. nur an den Oberflächen aufgeschmolzene primäre Eis zerfällt im Raum 4 in Scherben. Diese Eisscherben, deren Temperatur unterhalb von -1°C liegt, werden mit durch den Einlass 25 eingeleitetem Wasser vermischt, welches arm an Äthanol ist und das eine Gefriertemperatur von beispielsweise etwa $-0,5^{\circ}\text{C}$ aufweist.

Aufgrund physikalischer Gesetzmässigkeiten findet an den Oberflächen der Eisscherben ein Eiswachstum statt, das mit einem partiellen Schmelzen innerhalb der Scherben gekoppelt ist. Dank dieses Umkristallisationsprozesses lösen sich die Scherben in kleinere Agglomerate von Eiskristallen oder sogar in einzelne Kristalle auf.

In dieser umgewandelten Form lässt sich das primäre Eis leicht aus Raum 4 durch Leitung 28 und Auslass 29 ausspülen.

Die z.B. 10%ige Eiskristallsuspension, die schliesslich zur Erzeugung von sekundärem Eis und damit des Produktes dient, wird im Gegenstromwäscher 31 gewaschen, d.h. weitgehend von Äthanol befreit.

Das am Boden des Gegenstromwäschers 31 austretende äthanolhaltige Wasser wird im Gegenstromwärmeaustauscher 32 erwärmt und im Dampferzeuger 30, der als Fallfilmverdampfer ausgebildet ist, und der von komprimiertem Kältemitteldampf beheizt ist, verdampft und bildet den an Äthanol reichen Treibdampf des Dampfstrahlverdichters.

Das am Boden des Dampferzeugers 30 austretende, an Äthanol verarmte Wasser wird nach Abkühlung im Gegenstromwärmeaustauscher 32 in den Gegenstromwäscher 31 eingeleitet.

Eine Teilmenge des äthanolhaltigen Wassers aus dem Bodenbereich des Gegenstromwäschers 31, das weniger Äthanol aufweist als das in den Rohren 19 anfallende Kondensat, wird zur Umwandlung des primären Eises in die primäre Eiskristallsuspension im Raum 4 verwendet.

Der am Kopfteil des Gegenstromwäschers 31 austretenden Suspension von primärem Eis wird eine Teilmenge der Suspension von sekundärem Eis aus dem Raum 2 zugemischt und mittels Pumpe 35 in den Kopfteil des Raumes 2 eingeleitet. Der Eisgehalt dieser Suspension beträgt beispielsweise 10%.

Im Raum 2 erfolgt die sekundäre Eiserzeugung d.h. die Haupteiserzeugung durch Kristallwachstum bei Gefrierer-

dampfung am Tripelpunkt durch Vergrösserung einerseits der primären Eiskristalle und andererseits der rezirkulierten, sekundären Eiskristalle.

Der Dampfdruck bei der Gefrierverdampfung ist um so grösser, je grösser die Teilchendichte der suspendierten Eiskristalle ist. Ein möglichst hoher Dampfdruck im Raum 2 wird, wie an vorstehender Stelle angegeben ist, angestrebt, um ein möglichst geringes Verdichtungsverhältnis von Raum 2 zu Raum 3 zu ermöglichen. Eine grosse Teilchendichte der Eiskristalle im Raum 2 wird dadurch erreicht, dass die in den Räumen 3 und 4 entstandenen Eiskristalle ständig in den Raum 2 eingeleitet werden.

Eine Teilmenge der im Raum 2 entstandenen Eiskristallsuspension mit einem Eisgehalt von beispielsweise 20% wird dem Eiserzeuger 1 durch den Auslass 18 entnommen und mit dem durch Leitung 51 in die Anlage eingeleiteten Speisewasser vermischt.

Die dünnflüssige Suspension wird durch Leitung 52 mittels einer Pumpe 36 in die Entwässerungsvorrichtung 33 eingeleitet, die ein rohrförmiges Sieb 33a aufweist. Dem abgetrennten Wasser wird das äthanolarme Wasser aus dem Dampferzeuger 30 zugemischt.

Während dieses Wassergemisch einerseits als Waschwasser in dem Gegenstromwäscher 31 und andererseits als Transportwasser für das gewaschene primäre Eis dient, kann das Endprodukt, beispielsweise ein 50%iger Eiskristallbrei, durch Leitung 53 seiner Verwendung bzw. einer weiteren Aufbereitung zugeführt werden.

Das Produkt, das vorteilhaft beispielsweise zur Klimatisierung von Bergwerken dienen kann, weist ausserdem eine gute Waschqualität auf, so dass es auch z.B. zur Teilentsalzung von salzbefrachtetem Grubenwasser verwendet werden kann.

Im Ausführungsbeispiel dient als thermische Quelle eine Kältemaschine (s. Fig. 2b). Hierbei wird im Kompressor 41 verdichteter Kältemitteldampf nach Kondensation im Kondensator 38 und Entspannung im Drosselventil 46 in den Raum 3 des Eiserzeugers 1 eingeleitet, worin er durch Wärmeaustausch mit in den Rohren 19 kondensierendem Wasserdampfgemisch verdampft und bei geöffnetem Ventil 48 in die Saugseite des Kompressors 41 zurückströmt. Der nichtverdampfte Teil des Kältemittels wird mittels Pumpe 37 in den Raum 3 zurückgefördert.

Der zum Betrieb des Verdampfers 30 benötigte Kältemitteldampf wird im Kompressor 42 verdichtet und nach Kondensation und anschliessender Entspannung im Drosselventil 46' in den Kältemittelabscheider 43 eingeleitet. Grundsätzlich wäre es auch möglich, im Kompressor 41 verdichteten Dampf als Treibdampf zu verwenden.

Das Abtauintervall ist äusserst kurz und stört daher die kontinuierliche Eiserzeugung nur geringfügig, da die Temperaturerhöhung innerhalb der Rohre 19 des Kondensator-Verdampfers nur unerheblich ist.

Während des Abtauens sind die Ventile 48 und 49 im Kältekreislauf geschlossen und Ventil 47 ist geöffnet und alle Pumpen und Kompressoren in Betrieb.

Vorteilhafterweise sind zwei oder mehr Kondensator-Verdampfer mit Rohren 19, die parallel zueinander geschaltet sind, vorgesehen. Dabei soll jeweils nur höchstens in einem dieser Kondensator-Verdampfer das Abtauen erfolgen. Die restlichen befinden sich im Normalbetrieb und liefern den Dampf für den Kompressor 41. Dieser Sachverhalt ist durch den Block 50 in Fig. 2b angedeutet, der einen unter Umständen mehrteilig ausgebildeten Kondensator-Verdampfer 50 symbolisiert.

Äthanolverluste werden an der Stelle 54 des Dampferzeugers 30 gedeckt.

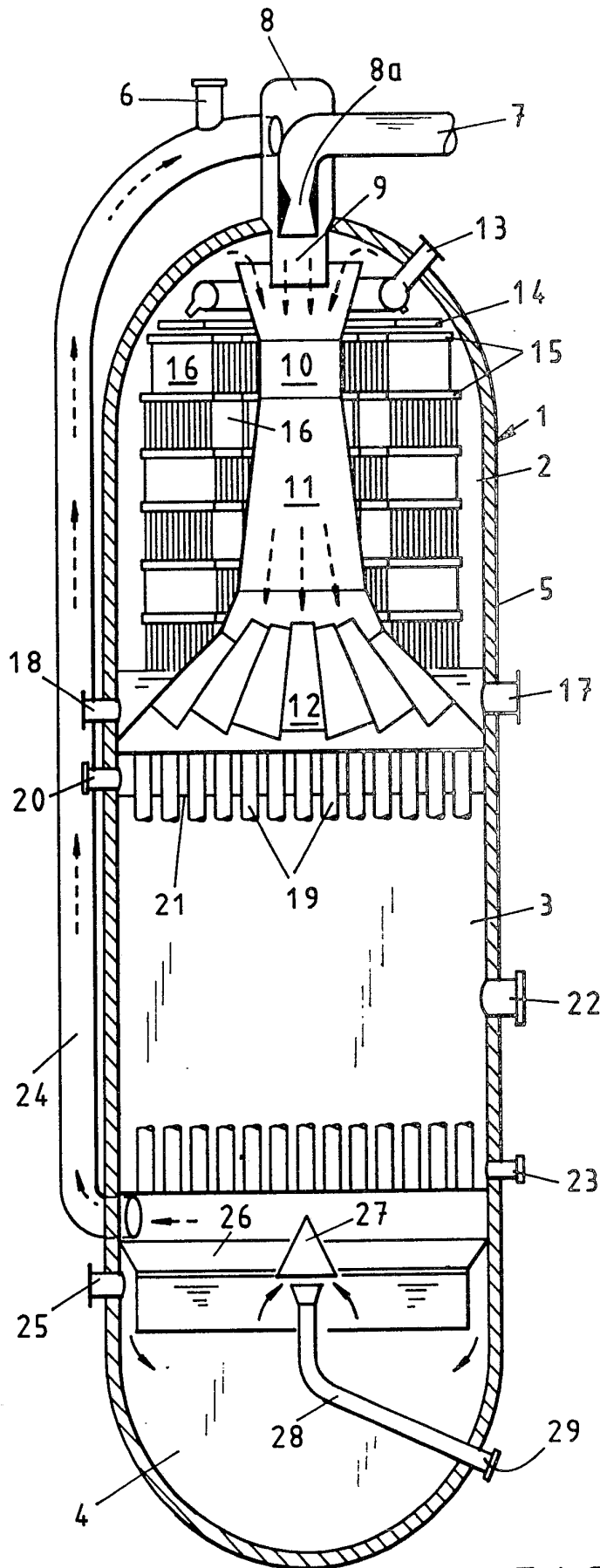


FIG. 1a

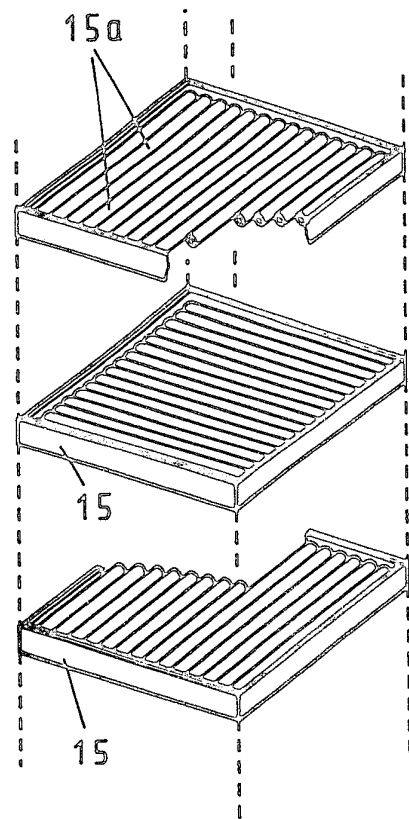


FIG. 1b

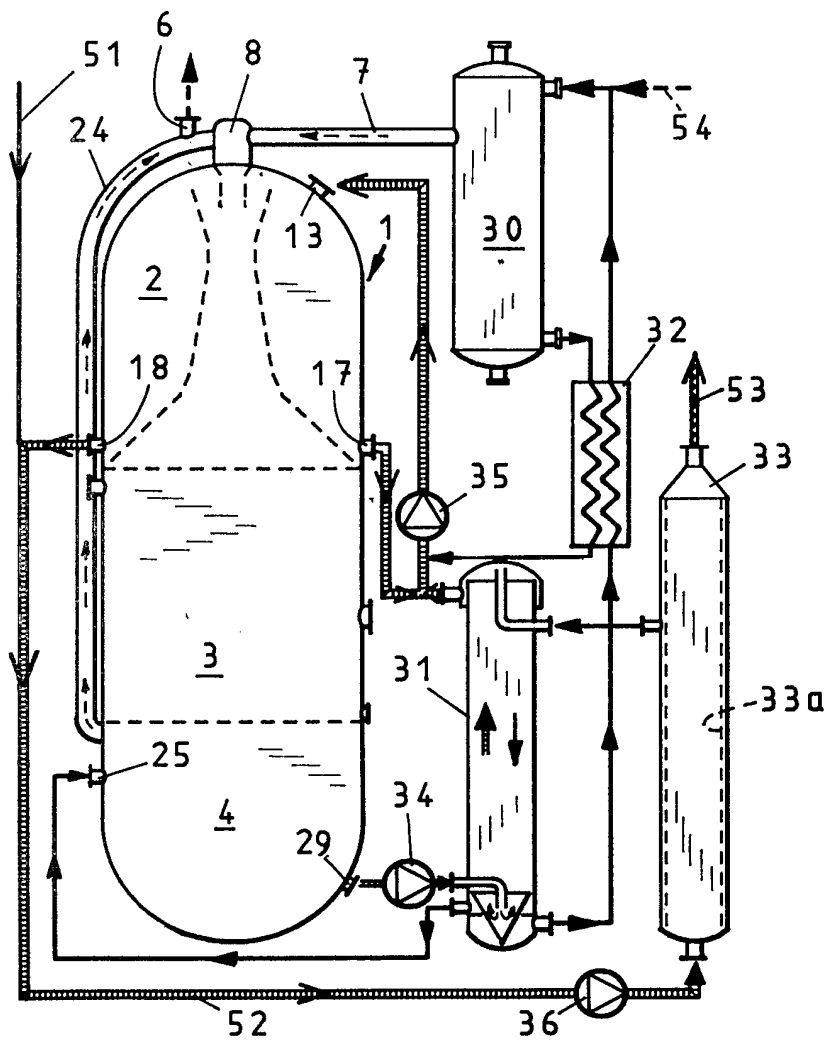


FIG. 2a

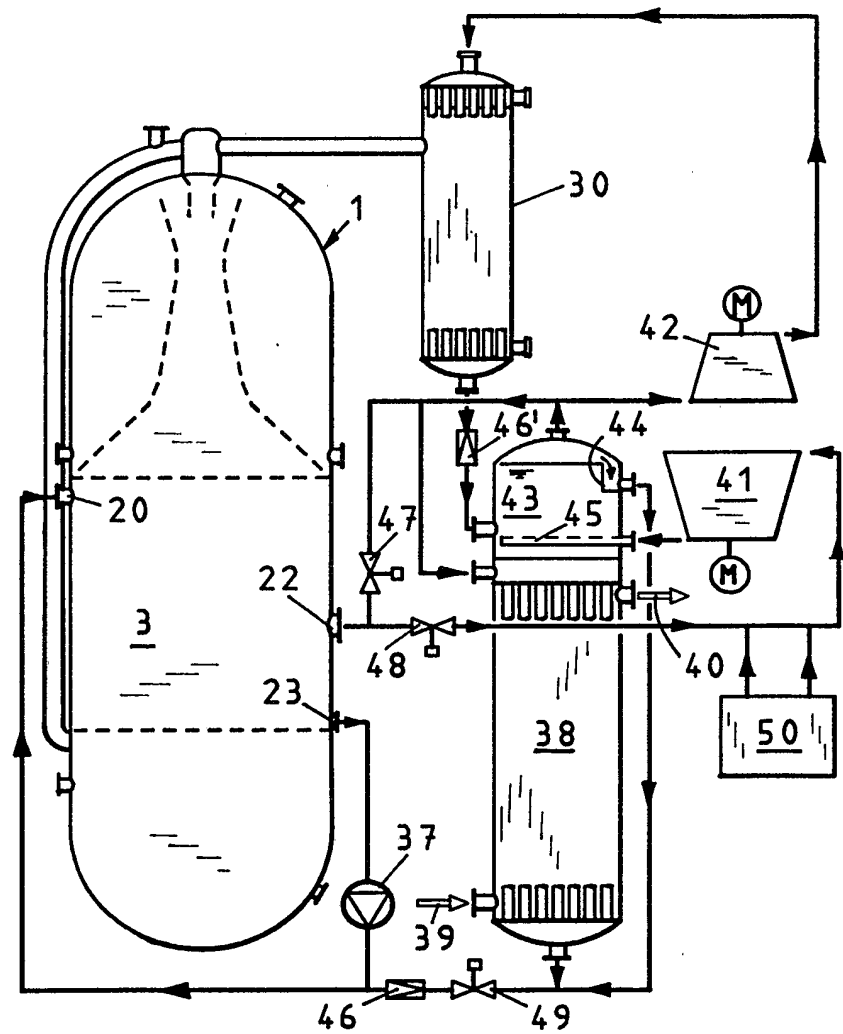


FIG. 2b