



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: F 25 B 15/00
F 25 B 25/00



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

12 PATENTSCHRIFT A5

11

627 833

21 Gesuchsnummer: 15610/77

22 Anmeldungsdatum: 19.12.1977

30 Priorität(en): 20.12.1976 US 752034

24 Patent erteilt: 29.01.1982

45 Patentschrift veröffentlicht: 29.01.1982

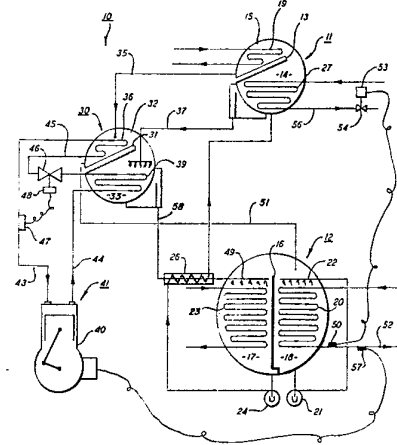
73 Inhaber:
Carrier Corporation, Syracuse/NY (US)

72 Erfinder:
Louis H. Leonard, Dewitt NY (US)

74 Vertreter:
Hepatex-Ryffel AG, Zürich

54 Absorptionskälteverfahren mittels Kocherenergie, die einer Absorptionskälteanlage zugeführt wird.

57 Eine Absorptionskälteanlage besitzt eine Primär-Kondensator/Kocher-Einheit (11), die mit Sonnenenergie oder mit einer anderen geeigneten Energie relativ niedriger Temperatur betrieben wird. Mit dieser Primäreinheit (11) wirkt eine Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit (30) zusammen, die von einer Wärmepumpe (41) betrieben wird, welche die im Sekundärkondensator (32) entwickelte Kondensationswärme in den Sekundärkocher (33) pumpt. Die Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit (30) kann die Primäreinheit (11) je nach der Grösse der für diese verfügbaren Energie unterstützen oder auch ganz ersetzen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Absorptionskälteverfahren mittels Kocherenergie, die einer Absorptionskälteanlage zugeführt wird, welche einen Primärkocher (14) zum Behandeln von Absorptionslösung und einen Primärkondensator (15) zum Kondensieren von Kältemittel aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass im Primärkondensator (15) gesammeltes Kondensat in einen Sekundärkondensator (32) geführt wird, dass im Primärkocher (14) behandelte Lösung in einen Sekundärkocher (33) geführt wird und dass mittels eines mit einem Kompressor (40) betriebenen Wärmepumpenkreislaufes (41) die im Sekundärkondensator (32) erzeugte Kondensationswärme in den Sekundärkocher (33) überführt wird, um die in diesem enthaltene Lösung zu konzentrieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die konzentrierte Lösung aus dem Sekundärkocher (33) einem Absorber (17) zugeführt wird und dass das Kältemittel aus dem Sekundärkondensator (32) einem Verdampfer (18) zum Abkühlen eines Mediums zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Tätigkeit des Kompressors (40) des Wärmepumpenkreislaufes (41) in Abhängigkeit von der Temperatur des den Verdampfer (18) verlassenden gekühlten Mediums gesteuert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom von Kältemittel, das im Wärmepumpenkreislauf (41) zirkuliert, in Abhängigkeit von der Temperatur dieses Kältemittels am Einlass des Kompressors (40) gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das in den Sekundärkondensator (32) eingeführte Kondensat durch Verdampfen abgekühlt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass kondensiertes Kältemittel aus dem Sekundärkondensator (32) in einem ersten Verdampfer (65) adiabatisch durch Verdampfung abgekühlt wird, welcher erste Verdampfer (65) auf einem ersten Druck gehalten wird, dass Kältemittel aus dem ersten Verdampfer (65) in einem zweiten Verdampfer (68), der auf einem zweiten, niedrigeren Druck gehalten wird, adiabatisch durch Verdampfung abgekühlt wird, dass aus dem zweiten Verdampfer (68) Kältemittel abgezogen wird, dass das aus dem zweiten Verdampfer (68) abgezogene Kältemittel zur Erzeugung einer Kühlwirkung verwendet wird und dass die Tätigkeit des Kompressors (40) des Wärmepumpenkreislaufes (41) in Abhängigkeit von der Temperatur des aus dem zweiten Verdampfer (68) abgezogenen Kältemittels gesteuert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass Lösung aus dem Sekundärkocher (33) einem Niederdruckabsorber (67) zugeführt wird, der mit dem zweiten Verdampfer (68) in Verbindung steht, und dass Lösung aus dem Niederdruckabsorber (67) in einen Hochdruckabsorber (64) gepumpt wird, der mit dem ersten Verdampfer (65) in Verbindung steht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom von Kältemittel im Wärmepumpenkreislauf (41) in Abhängigkeit von der Temperatur des in den Kompressor (40) des Wärmepumpenkreislaufes eintretenden Kältemittels gesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Energie zwischen dem aus dem zweiten Verdampfer (68) abgezogenen Kältemittel und einem zu kühlenden Medium übertragen wird und dass dann das Kältemittel in den ersten Verdampfer (65) zurückgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit Kältemittel angereicherte Lösung aus dem Hochdruckabsorber (64) in den Primärkocher (14) geführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der im Sekundärkocher (33) gebildeten Lösung und der dem Primärkocher (14) zugeführten Lösung Energie übertragen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Grösse der im Primärkocher (14) erzeugten Erwärmung in Abhängigkeit von der Temperatur des aus dem zweiten Verdampfer (68) abgezogenen Kältemittels gesteuert wird.

13. Absorptionskälteanlage zum Ausführen des Verfahrens nach Patentanspruch 1, mit einem Primärkocher (14) für die Behandlung einer Absorptionslösung und einem Primärkondensator (15) zum Kondensieren von Kältemittel, gekennzeichnet durch einen an den Primärkocher (14) angeschlossenen Sekundärkocher (33) für die Aufnahme von behandelter Lösung aus dem Primärkocher, einen an den Primärkondensator (15) angeschlossenen Sekundärkondensator (32) für die Aufnahme von Kältemittel aus dem Primärkondensator, und einen mit einem Kompressor (40) betriebenen Wärmepumpenkreislauf (41) mit einem ersten Wärmetauscher (36) in Wärmetauschbeziehung mit dem im Sekundärkondensator (32) enthaltenen Kältemittel und einem zweiten Wärmetauscher (39) in Wärmetauschbeziehung mit der im Sekundärkocher (33) enthaltenen Lösung, zum Überführen der im Sekundärkondensator (32) entwickelten Kondensationswärme in den Sekundärkocher (33).

14. Absorptionskälteanlage nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Steuermittel (46, 47, 48) zum Feststellen der Temperatur von Kältemittel, das im Wärmepumpenkreislauf (41) vom ersten (36) zum zweiten Wärmetauscher (39) strömt, und Regulieren des Kältemittelstromes im Wärmepumpenkreislauf (41) in Abhängigkeit von dieser Temperatur.

15. Absorptionskälteanlage nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch einen Absorber (17) für die Aufnahme von wiederkonzentrierter Lösung aus dem Sekundärkocher (33) und einen Verdampfer (18) für die Aufnahme von Kältemittel aus dem Sekundärkondensator (32) und zum Abkühlen eines Mediums.

16. Absorptionskälteanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der für den Betrieb des Wärmepumpenkreislaufes (41) vorgesehene Kompressor (40) ein Kolbenkompressor ist.

17. Absorptionskälteanlage nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Mittel (57) zum Feststellen der Temperatur des den Verdampfer (18) verlassenden gekühlten Mediums und Steuermittel, die auf die festgestellte Temperatur ansprechen, um die Tätigkeit des Kolbenkompressors (40) zu regulieren.

18. Absorptionskälteanlage nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompressor (40) so bemessen ist, dass die Kompressionswärme und die im Sekundärkondensator (32) entwickelte Kondensationswärme ausreichen, um die Lösung im Sekundärkocher (33) zu konzentrieren, wenn keine Energie für den Primärkocher (14) zur Verfügung steht.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Absorptionskälteverfahren mittels Kocherenergie, die einer Absorptionskälteanlage zugeführt wird, sowie auf eine Absorptionskälteanlage zum Ausführen des Verfahrens.

Es ist wünschbar, für den Betrieb einer Absorptionskälteanlage Energie ausnutzen zu können, die bei relativ niedriger Temperatur zur Verfügung steht, z. B. Sonnenenergie. Wegen der Natur der Sonnenenergie ist es jedoch in der Regel erforderlich, auch noch eine Sekundär- oder Hilfsenergiequelle vorzusehen, die die Sonnenenergie in Perioden ergänzen oder ersetzen kann, in denen Sonnenenergie nicht oder nur teilweise zur Verfügung steht. Die Sekundärenergie kann von einem konventionellen Energieträger, z. B. Erdgas, Dampf oder Elektrizität, geliefert werden. Da jedoch Erdgas und Öl immer knapper werden, wird die Verwendung dieser Energieträger, auch wenn sie nur die Hilfs- oder Unterstützungsenergie liefern müssen, problematisch. Das Wiederkonzentrieren von Absorptionslö-

sung durch elektrische Widerstandsheizung war schon immer sehr teuer.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, in einem Absorptionskälteverfahren, in dem ein Primärkocher beispielsweise mit Sonnenenergie betrieben werden kann, zur allenfalls nötig werdenden Unterstützung des Primärkochers einen vorzugsweise elektrisch betreibbaren Sekundärkocher mit sehr hohem Wirkungsgrad zu verwenden. Dabei soll unter allen Umständen im Primärkocher die für diesen zur Verfügung stehende Energie maximal ausgenutzt werden können.

Das erfindungsgemässe Absorptionskälteverfahren, mit dem diese Aufgabe gelöst wird, ist im Patentanspruch 1 definiert. Der Patentanspruch 13 gibt eine Absorptionskälteanlage zum Ausführen des Verfahrens an.

Anhand der Zeichnung werden nachstehend Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Absorptionskälteanlage mit einer mit Sonnenenergie betriebenen Primär-Kondensator/Kocher-Einheit, die mit einer Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit zusammenwirkt, welche von einer Wärmepumpe betrieben wird;

Fig. 2 ein anderes Ausführungsbeispiel einer Absorptionskälteanlage, die einen zweistufigen Gegenstrom-Absorber/Verdampfer-Abschnitt aufweist und daher mit niedrigen Lösungskonzentrationen und bei niedrigen Temperaturen arbeiten kann, so dass sie sich besonders für die Kühlung von Wasser mit Hilfe von Sonnenenergie eignet, und

Fig. 3 eine graphische Darstellung von Arbeitszyklen der Anlage gemäss Fig. 2, wobei auf der Abszisse die Lösungskonzentration aufgetragen ist, die am linken Rand angeschriebenen, ausgezogenen Kurven Linien konstanter Temperatur sind und die am rechten Rand angeschriebenen, strich-punktierten Kurven Linien konstanten Druckes sind.

Nachstehend wird eine Absorptionskälteanlage beschrieben, die so ausgelegt ist, dass sie Sonnenenergie als Hauptenergie für den Betrieb des Kochers verwendet. Es ist jedoch klar, dass anstelle der Sonnenenergie auch eine andere Quelle von Energie niedriger Temperatur verwendet werden könnte, z. B. normalerweise nicht ausgenutzte Wärmeenergie, die bei vielen mit geothermischen Energieträgern arbeitenden Fabrikationsprozessen als Abwärme anfällt. Ferner verwendet die beschriebene Kälteanlage Wasser als Kältemittel und eine Lithiumbromidlösung als Absorptionslösung; doch sind natürlich auch andere Arbeitsmedien möglich.

Die Absorptionskälteanlage 10 gemäss Fig. 10 enthält ein oberes Gehäuse 11 und ein unteres Gehäuse 12. Das obere Gehäuse 11 ist in der bei vielen Absorptionskältemaschinen üblichen Weise durch eine Trennwand 13 in zwei Abschnitte unterteilt, nämlich einen Kocherabschnitt 14 und einen Kondensatorabschnitt 15. Diese beiden im oberen Gehäuse 11 enthaltenen Abschnitte werden im folgenden als Primärkondensatorabschnitt bzw. als Primärkocherabschnitt bezeichnet. Ähnlich ist das untere Gehäuse 12 durch eine Trennwand 16 in einen Absorberabschnitt 17 und einen Verdampferabschnitt 18 unterteilt.

Wie es in den meisten mit Lithiumbromid arbeitenden Kälteanlagen üblich ist, wird die Atmosphäre in der Anlage bestimmt durch den Dampfdruck der Lösung in dem betreffenden Gehäuse, und der Siedepunkt des Kältemittels (Wasser) wird auf einen entsprechend niedrigen Wert von Sättigungsdruck und Temperatur eingestellt. Um dies zu erreichen, muss die Maschine gründlich von nicht kondensierbaren Stoffen gereinigt werden.

Eine zu kühlende Substanz, z. B. Wasser oder Sole, wird durch eine im Verdampfer 18 angeordnete Kühlschlange 20 geführt. Normalerweise wird Kältemittel niedriger Temperatur aus dem Verdampfersumpf durch eine Pumpe 21 abgezogen und mittels eines an den Auslass der Pumpe angeschlossenen Sprüh-

verteilers 22 über die Kühlschlange 20 verteilt. Das über die Kühlschlange fließende Kältemittel niedriger Temperatur verdampft teilweise und nimmt Wärme von der durch die Schlange fließenden Substanz auf, wodurch diese Substanz abgekühlt wird. Der durch Wärmeaufnahme von der zu kühlenden Substanz verdampfte Teil des Kältemittels strömt über das obere Ende der Trennwand 16 in den Absorber 17. Im Absorber kommt der Kältemitteldampf mit einer konzentrierten Lithiumbromidlösung in Berührung, wodurch die Dämpfe in der Lösung absorbiert und kondensiert werden. Kühlwasser von einem Kühlturm od. dgl. wird durch eine Schlange 23 geleitet und führt die Absorptions- und Kondensationswärme ab. Die Lithiumbromidlösung wird durch das Absorbieren von Kältemitteldämpfen im Absorberabschnitt verdünnt bzw. in ihrer Absorptionskraft für Kältemittel geschwächt. Die geschwächte Lösung wird aus dem unteren Teil des Absorberabschnittes 17 durch eine Lösungspumpe 24 abgezogen und nach oben in den Primärkocher 14 gepumpt, wo sie für die Wiederverwendung in der Anlage konzentriert wird. Auf dem Weg zwischen dem Absorberabschnitt 17 und dem Primärkocherabschnitt 14 strömt die geschwächte Lösung durch einen Lösungswärmetauscher 26, dessen Funktion im Nachstehenden noch erläutert wird.

Das Konzentrieren der Lösung im Primärkocher 14 geschieht dadurch, dass die Lösung in Wärmetauschbeziehung mit einer erwärmten Substanz gebracht wird, die durch eine Schlange 27 im Kocher strömt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird durch Sonnenenergie erhitztes Wasser oder Wasserdampf als Arbeitssubstanz verwendet, die durch die Schlange 27 strömt. Wie schon erwähnt, könnte jedoch die Energie auch von einer anderen zur Verfügung stehenden Energiequelle niedriger Temperatur geliefert werden, z. B. von der Abwärme eines Fabrikationsprozesses. Bei den angewendeten, relativ niedrigen Drücken wird das in der Lösung kondensierte Kältemittel in Dampfform ausgetrieben. Der Dampf strömt dann über die Trennwand 13 in den Kondensatorabschnitt 15 der Primäreinheit. Wasser von einem Kühlturm od. dgl. wird durch eine Kühlschlange 19 im Kondensatorabschnitt 15 geleitet. Dieses Kühlwasser nimmt Wärme aus dem Kältemitteldampf auf, so dass der Dampf zu einer Flüssigkeit kondensiert wird. Das Kondensat sammelt sich im unteren Teil des Primärkondensatorabschnittes 15.

Im Normalbetrieb, wenn genügend Energie für den kontinuierlichen Betrieb des Kochers 14 zur Verfügung steht, wird die im Kocher konzentrierte Lösung über einen Sekundärkocher 33, dessen Funktion noch erläutert werden wird, in den Absorber 17 zurückgeführt. Unter diesen Bedingungen wird im Sekundärkocher 33 jedoch keine zusätzliche Arbeit geleistet.

Wenn jedoch, wie im Falle der Verwendung von Sonnenenergie, die Grösse der für den Betrieb des Primärkochers 14 zur Verfügung stehenden Primärenergie periodischen Schwankungen unterworfen ist und zeitweise auf Null sinken kann, muss eine Sekundärenergiequelle verwendet werden, um den Kocher 14 in seiner Funktion zu unterstützen oder zu ersetzen. Zu diesem Zweck ist nun eine Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit 30 vorgesehen, die mit der Primäreinheit zusammenwirkt. Die Sekundäreinheit arbeitet mit der Primäreinheit so zusammen, dass die Kälteanlage stets die geforderte Leistung erbringen kann, unabhängig von der Grösse der zur Verfügung stehenden Primärenergie. Dabei ist eine maximale Ausnutzung der verfügbaren Primärenergie möglich, so dass der Verbrauch an Sekundärenergie auf einem Minimum gehalten wird.

Das Gehäuse der Sekundäreinheit 30 ist durch eine Trennwand 31 in einen Sekundärkondensatorabschnitt 32 und einen Sekundärkocherabschnitt 33 unterteilt. Das diese Sekundärabschnitte enthaltende Gehäuse ist auf eine Höhe zwischen der Primär-Kondensator/Kocher-Einheit 11 und der Absorber/Verdampfer-Einheit 12 angeordnet. Das im Sumpf des Primärkondensators 15 gesammelte Kondensat fliesst unter dem Einfluss der Schwerkraft über eine Leitung 35 direkt in der Sekundärkon-

densatorabschnitt 32, wo es mit einer Wärmetauscheranlage 36 in Berührung kommt. Je nach den Betriebsbedingungen kann es sich dabei durch Verdampfung weiter abkühlen, wodurch der Wirkungsgrad dieses Zyklus verbessert werden kann. Ähnlich fliesst die im Primärkocher 14 gesammelte Lösung unter dem Einfluss der Schwerkraft über eine Leitung 37 in den Sekundärkocher 33, in dem ein Wärmetauscher 39 angeordnet ist.

Die beiden Wärmetauscher 36 und 39 wirken mit einem mechanischen Kompressor 40 zusammen, z. B. einem Kolbenkompressor, Zentrifugalkompressor oder Schraubekompressor, um einen Wärmepumpenkreislauf 41 zu bilden, der die im Sekundärkondensator 32 entwickelte Kondensationswärme in den Sekundärkocher 33 pumpen kann, wo diese Wärme dazu dient, die darin enthaltene Lösung zu konzentrieren. Die im Kompressor 40 der Wärmepumpe entwickelte Kompressionswärme gleicht mit der Lösungswärme aus, die erforderlich ist, um die Lösung zu konzentrieren. Die Saugseite des Kompressors ist mit dem Wärmetauscher 36 über eine Kältemittelleitung 43 verbunden, während die Druckseite des Kompressors mit dem Wärmetauscher 39 über eine Kältemittelleitung 44 verbunden ist. Die anderen Enden der beiden Wärmetauscher sind miteinander über eine Leitung 45 verbunden, womit der Wärmepumpenkreislauf geschlossen ist. Ein Drosselorgan 46 in der Leitung 45 steuert den Kältemittelstrom im Wärmepumpenkreislauf zwischen der Hoch- und der Niederdruckseite desselben. Das Drosselorgan 46 wird seinerseits in Abhängigkeit von der Grösse der Überhitzung des angesaugten Gases gesteuert.

Die Stellung des Drosselorgans 46 wird in Abhängigkeit von der Überhitzungstemperatur des durch die Kompressoransaugleitung 43 strömenden Kältemitteldampfes reguliert. Ein Fühler 47, der an dieser Ansaugleitung angebracht ist, liefert ein die Temperatur darstellendes Signal an einen Drosselorganregler 48, der seinerseits das Drosselorgan je nach der festgestellten Temperatur öffnet oder schliesst.

Flüssiges Kondensat, das im Sekundärkondensator 32 gesammelt wird, fliesst unter dem Einfluss der Schwerkraft durch eine Leitung 51 in den oberen Teil des Verdampferabschnittes 18, wo es in den aus dem Sprühverteiler 22 austretenden Kältemittelstrom eingeführt wird. Ähnlich wird die im Sumpf des Sekundärkochers 33 gesammelte Lösung durch eine Leitung 58 über den schon erwähnten Lösungswärmetauscher 26 in den Absorber 17 geführt. Im Wärmetauscher 26 gibt die Lösung Energie an die kältere Lösung ab, die vom Absorber zum Primärkocher 14 gepumpt wird. Nach dem Austritt aus dem Lösungswärmetauscher 26 wird die starke Lösung einem Sprühverteiler 49 im Absorberabschnitt 17 zugeführt, von dem es über die Kühlschlange 23 verteilt wird. Wie schon erwähnt, nimmt das durch diese Schlange 23 zirkulierende Kühlwasser die Energie auf, die beim Absorptionsvorgang erzeugt wird, und führt diese Energie ab.

Der Betrieb der Absorptionskälteanlage wird in Abhängigkeit von der Temperatur der die Kühlschlange 20 verlassenden, abgekühlten Substanz gesteuert. Ein erster Temperaturfühler 50, der an der Auslassleitung 52 der Schlange 20 angebracht ist, liefert ein die Temperatur darstellendes Signal an einen Regler 53. Dieser steuert ein Drosselorgan 54, das in der Heizwasseraustrittsleitung 56 aus der Heizschlange 27 des Primärkochers 14 angeordnet ist. Das Drosselorgan 54 wird geöffnet oder geschlossen, um die Grösse der dem Kocher 14 zugeführten Energie in Abhängigkeit von der Temperatur der den Verdampfer 18 verlassenden abgekühlten Substanz zu variieren. Wenn die durch Sonnenenergie erzeugte Wärme nicht ausreicht, um die von der Anlage geforderte Kälteleistung zu erbringen, d. h. wenn das Drosselorgan 54 ganz geöffnet ist und die Temperatur den Verdampfer 18 verlassenden abgekühlten Substanz über einen vorbestimmten Wert steigt, dann erzeugt ein zweiter Temperaturfühler 57, der ebenfalls an der Auslassleitung 52 für die abgekühlte Substanz angebracht ist, ein Signal, das den mechani-

schon Kompressor 40 im Wärmepumpenkreislauf 41 einschaltet und damit die Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit in Betrieb bringt. Wenn der Sekundärkocher 33 in Betrieb ist, arbeitet aber auch der Primärkocher 14 weiter und entzieht der durch Sonnenenergie erhitzten Arbeitssubstanz so viel Energie, wie eben möglich ist. So wird die geschwächte Lösung im Primärkocher 14 teilweise konzentriert oder auch möglicherweise nur vorgewärmt, bevor sie dem Sekundärkocher zugeführt wird, wodurch im Primärkocher 14 so viel Arbeit wie möglich geleistet wird, wenn wenig Primärenergie zur Verfügung steht. Wenn der mechanische Kompressor 40 in Betrieb steht, dann wird wie schon erwähnt, der Kältemittelstrom im Wärmepumpenkreislauf unabhängig mittels des Drosselorgans 46 gesteuert. Die Temperatur im Sekundärkocher 33 muss nicht auf einer vorbestimmten Höhe gehalten werden; es genügt, wenn der Unterschied zwischen der Temperatur im Wärmepumpenkondensator und dem Siedepunkt der Lösung im Kocher derart ist, dass der Wärmepumpenkreislauf in der Lage ist, kontinuierlich die geforderte Kälteleistung der Anlage zu gewährleisten.

In Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform der Absorptionskälteanlage dargestellt, in welcher die Wärmetauscherschlange im Verdampferabschnitt weggefallen ist, womit auch die Temperaturnachteile ausgeschaltet sind, die normalerweise mit den Wärmetauscherflächen-Verlusten verbunden sind. Die Maschine kann daher mit niedrigeren Lösungskonzentrationen und niedrigeren Temperaturen arbeiten. Gemäss Fig. 2 sind die Primär-Kondensator/Kocher-Einheit 11 und die Sekundär-Kondensator/Kocher-Einheit 30 gleich ausgebildet wie in der Anlage gemäss Fig. 1, und die Teile dieser Einheiten sind mit den gleichen Hinweisnummern bezeichnet wie in Fig. 1. Die beiden Einheiten arbeiten in der schon beschriebenen Weise zusammen, wobei wiederkonzentrierte Lösung im Sumpf des Sekundärkochers 33 gesammelt wird und flüssiges Kältemittel im Sumpf des Sekundärkondensators 32 gesammelt wird.

Der Absorberabschnitt und der Verdampferabschnitt sind in dieser Ausführungsform in zwei getrennten Gehäusen enthalten, nämlich in einem Hochtemperaturgehäuse 60 und einem Niedertemperaturgehäuse 61, das unmittelbar unter dem Hochtemperaturgehäuse angeordnet ist. Das obere Gehäuse 60 ist in der schon beschriebenen Weise durch eine Trennwand 63 in zwei Abschnitte unterteilt, nämlich einen Hochtemperatur-Absorberabschnitt 64 und einen Hochtemperaturverdampfer 65. Ähnlich ist das untere Gehäuse 61 durch eine Trennwand 66 in einen Niedertemperatur-Absorberabschnitt 67 und einen Niedertemperaturverdampfer 68 unterteilt.

Eine Kältemittelpumpe 70, die unter dem Niedertemperaturverdampfer 68 angeordnet ist, fördert flüssiges Kältemittel aus dem Niedertemperaturverdampfer 68 (= Niederdruckverdampfer) über eine Leitung 71 in den Hochtemperaturverdampfer 65 (= Hochdruckverdampfer). Auf dem Weg zwischen den beiden Verdampfern wird das abgekühlte Kältemittel durch eine Wärmetauscherschlange oder Luftkonditionierungsschlange 75 geleitet, welcher ein Gebläse 76 zugeordnet ist, um Luft durch bzw. über die Schlange zu bewegen. Das durch die Luftkonditionierungsschlange 75 strömende Kältemittel nimmt Wärme aus der über die Schlange bewegten Luft auf und trocknet diese Luft. Dadurch steigt die Temperatur des flüssigen Kältemittels. Das erwärmte Kältemittel wird dann durch einen als Drossel dienenden Sprühverteiler 72, der im oberen Teil des Hochtemperaturverdampfers 65 angeordnet ist, in diesen Verdampfer gesprüht. Im oberen Verdampferabschnitt 65 herrscht ein höherer Druck als im unteren Verdampferabschnitt 68, und daher wird das aus dem Sprühverteiler 72 austretende Kältemittel bei einer höheren Temperatur durch Verdampfung abgekühlt (indem ein kleiner Teil des Kältemittels verdampft und dabei die Verdampfungswärme überwiegend dem flüssigen Kältemittel entzogen wird). Das Kältemittel wird durch die Verdampfung ohne äussere Wärmezufuhr, d. h. adiabatisch, auf eine dem Absorberdruck

entsprechende Temperatur abgekühlt. Das abgekühlte Kältemittel, das sich im Sumpf des Hochtemperaturverdampfers 65 sammelt, fliesst unter der Einwirkung der Schwerkraft durch eine Leitung 73 zu einem zweiten, als Drossel wirkenden Sprühverteiler 74, der im Niederdruck-Verdampferabschnitt 68 angeordnet ist. In diesem wird das Kältemittel durch Verdampfung auf eine noch niedrigere Temperatur abgekühlt. Obwohl so ein Teil des Kältemittels durch die zweifache Entspannung verdampft wird, bleibt doch der überwiegende Teil des Kältemittels unverdampft. Die dem Kältemittel entzogene Verdampfungswärme wird von der das verdampfte Kältemittel absorbierenden Lösung aufgenommen. In der Praxis wird nur ein sehr kleiner Prozentsatz der insgesamt vorhandenen Kältemittelmenge in den beiden Absorbieren (Hochtemperaturabsorber 64 und Niedertemperaturabsorber 67) absorbiert, so dass der grösste Teil des Kältemittels für die Kühlung der Luftkonditionierungsschlange 75 zur Verfügung steht.

Wiederkonzentrierte Lösung, die im Sekundärkocher 33 gesammelt wird, wird über eine Leitung 78 einem Sprühverteiler 79 im Niederdruckabsorber 67 zugeführt. Vor dem Eintritt in diesen Absorber wird die Lösung durch einen Lösungswärmetauscher 80 geleitet. In diesem Wärmetauscher 80 wird die starke Lösung abgekühlt durch Wärmeabgabe an die kältere schwache Lösung, die durch eine Pumpe 81 und eine Leitung 82 aus dem Hochdruckabsorber 64 nach oben in den Primärkocher 14 gefördert wird. Im Niedertemperaturabsorber 67 wird die starke Lösung über eine Kühlschlange 83 versprüht, durch die Kühlwasser von einem Kühlturm zirkuliert. Beim Durchtritt der starken Lösung durch die Niedertemperaturstufe wird Kältemitteldampf, der im Niedertemperaturverdampfer 68 erzeugt wird, in dieser Lösung kondensiert. Die Kondensationswärme wird vom Kühlwasser abgeführt. Die Lösung wird dann im unteren Teil des Niedertemperaturabsorbers 67 gesammelt, aus diesem von einer Pumpe 84 abgesaugt und über eine Leitung 85 nach oben in den Hochtemperatur-Absorberabschnitt 64 gefördert. In diesem wird die Lösung durch einen Verteiler 86 über eine zweite Kühlschlange 88 versprüht, durch die ebenfalls Kühlwasser vom Kühlturm zirkuliert. Die im Hochtemperatur-Verdampferabschnitt 65 erzeugten Kältemitteldämpfe werden in der Lösung absorbiert, wodurch die Konzentration der Lösung weiter abnimmt. Wie schon erwähnt, wird die schwache Lösung dann aus dem Unterteil des Hochtemperatur-Absorberabschnittes 64 durch die Lösungspumpe 81 abgesaugt und über den Lösungswärmetauscher 80 in den Primärkocher 14 gefördert.

Durch die beschriebene zweistufige Bewegung der Lösung und des Kältemittels durch den Absorber/Verdampfer kommt die starke Lösung in der Anlage zuerst mit Kältemitteldampf der kältesten in der Anlage auftretenden Temperatur in Berührung. Daher ist der Dampfdruck in der Absorptionslösung relativ niedrig und kann diese Stufe der Anlage bei Verdampfungstemperaturen arbeiten, die bei gegebener Konzentration der Lösung niedriger sind als in einer Anlage, die im Verdampferabschnitt mit einem Flächenwärmetauscher arbeitet. Die Verwendung des zweistufigen Absorberabschnittes in Verbindung mit dem zweistufigen Verdampfer ermöglicht auch die Entwicklung eines weiteren Bereiches von Konzentrationen in der Anlage, wodurch sich im Vergleich zu einer einstufigen Ausführung eine höhere Leistung ergibt.

Der Betrieb der zweistufigen Gegenstromanordnung gemäss Fig. 2 wird nachstehend anhand eines typischen Beispiels unter Bezugnahme auf das in Fig. 3 wiedergegebene Zustandsdiagramm erläutert. Der Arbeitszyklus geht durch verschiedene Punkte A bis J. Diese Buchstaben sind grösstenteils auch in Fig. 2 eingetragen worden und bezeichnen dort die Stellen, an denen die betreffenden Zustände auftreten.

Gemäss Fig. 2 und 3 verlässt in einer Anlage mit zweistufigem Gegenstrom-Absorber/Verdampfer, die Lithiumbromid und Wasser als Arbeitssubstanzen verwendet, die schwache Lösung

den Hochtemperatur-Absorberabschnitt im Punkt A mit einer Konzentration von etwa 52 % und einer Temperatur von 35° C. Diese Lösung wird nach oben in den mit Sonnenenergie betriebenen Primärkocher 14 gepumpt. Nach dem Durchtritt durch den Lösungswärmetauscher 80 ist die Temperatur der schwachen Lösung im Punkt B auf etwa 43° C erhöht.

Die schwache Lösung wird dann in den Primärkocher 14 eingeführt, wo sie mit der Heizschlange 27 in Berührung tritt. Im Primärkocher 14 wird die Lösung je nach der Grösse und Temperatur der zur Verfügung stehenden Primärenergie vorgewärmt, teilweise wiederkonzentriert oder vollständig wiederkonzentriert. In jedem Fall wird das Maximum der zur Verfügung stehenden Primärenergie im Primärkocher 14 im Hinblick auf die Kälteerzeugung ausgenutzt, was in Anlagen dieser Art neu ist.

Wenn im Primärkocher 14 nur eine Vorwärmung der Lösung stattfinden kann, steigt die Lösungstemperatur beispielsweise bis zu einem Punkt C₁, der unter dem Siedepunkt C der Lösung bei den im Kocher herrschenden Bedingungen liegt. Die vorgewärmte Lösung mit dem Zustand C₁ wird dann dem Sekundärkocher 33 zugeführt, in dem ein niedrigerer Druck herrscht als im Primärkocher 14, so dass sich die in den Sekundärkocher 33 eintretende vorgewärmte Lösung rasch auf den niedrigeren Druck im Punkt F₁ entspannt, wie in Fig. 3 durch eine strichpunktierete Linie 90 angedeutet. Der mit einer Wärmepumpe betriebene Sekundärkocher 33 erhöht die Temperatur der Lösung bei gleichbleibendem Druck, bis der Punkt F erreicht ist. Im Punkt F hat die Lösung die gewünschte Konzentration von etwa 56 %.

Die starke Lösung mit der Konzentration von etwa 56 % wird im Kocher 33 gesammelt und dann durch den Lösungswärmetauscher 80 geleitet, wo sie Wärme an die kältere schwache Lösung abgibt, so dass die Temperatur der starken Lösung bis zum Punkt G sinkt. Mit diesem Zustand wird die starke Lösung in den Niederdruck-Absorberabschnitt 67 eingeführt. Im Niederdruck-Absorberabschnitt absorbiert die Lösung Kältemitteldämpfe aus dem Niedertemperaturverdampfer 68, wobei ihre Konzentration bei konstantem Druck bis zum Punkt I abnimmt. Die Lösung wird dann zum Sprühverteiler 86 gepumpt, der im Hochdruckabsorber 64 angeordnet ist, wobei sie bei einer konstanten Konzentration von etwa 54 % bis zum Punkt H erwärmt wird. Im Hochdruck-Absorberabschnitt 64 wird die Lösung durch Kältemitteldampf aus dem Hochdruckverdampfer 65 weiter verdünnt, bis die Konzentration der Lösung wieder etwa 52 % im Punkt A erreicht. Die schwache Lösung wird dann aus dem Hochdruck-Absorberabschnitt 64 abgezogen und wieder durch den Lösungswärmetauscher 80 dem Primärkocher 14 zugeführt, womit der Arbeitszyklus von Neuem beginnt.

Wenn der Primärkocher 14 etwas mehr Energie abgeben kann, so dass die Lösung in demselben teilweise konzentriert wird, dann erreicht die Lösung im Primärkocher 14 eine Temperatur, bei der sie zu sieden beginnt. Dies ist im Punkt C bzw. bei etwa 70° C der Fall. Die weitersiedende Lösung erreicht den Punkt D. Die teilweise wiederkonzentrierte Lösung entspannt sich beim Eintritt in den Sekundärkocher 33, wie vorstehend für die nur vorgewärmte Lösung beschrieben, und erreicht dabei den Punkt F₂. Die Drosselung oder Entspannung erfolgt nach der gestrichelten Linie 93 in Fig. 3. Vom Punkt F₂ ausgehend gibt der Sekundärkocher 33 genügend Energie an die Lösung ab, um deren Temperatur bis zum Punkt F zu erhöhen, d. h. auf etwa 50° C bei einer Konzentration von 56 %. Auf dem Weg vom Sekundärkocher 33 zum Niedertemperaturabsorber 67 fliesst die Lösung durch den Lösungswärmetauscher 80. In diesem gibt die Lösung Wärme ab, bis ihre Temperatur etwa 38° C im Punkt G erreicht. Wie schon beschrieben, wird die Lösung dann nacheinander durch die beiden Stufen des Absorbers geführt, und zwar im Gegenstrom zum Kältemittel, das durch die gegenüberliegend angeordneten Verdampferstufen strömt. Schliesslich erreicht die Konzentration der Lösung wieder den Punkt A.

Wenn schliesslich die Umstände so sind, dass der Primärkocher 14 genügend Energie abgeben kann, um die Lösung vollständig, d. h. bis zu der Konzentration von etwa 56 %, zu konzentrieren, dann wird die Lösung im Primärkocher zuerst bis zum Siedepunkt C erwärmt und siedet dann weiter, bis sie im Punkt E eine Temperatur von etwa 77° C erreicht. Dieser Vorgang ist in Fig. 3 mit ausgezogenen Linien 95 und 96 dargestellt. Das flüssige Kondensat und die wiederkonzentrierte Lösung, die in der Primäreinheit 11 gebildet werden, werden direkt der Sekundäreinheit 30 zugeführt. Der Fühler 57 an der Auslassleitung 71 des Niedertemperaturverdampfers 68 hat jedoch festgestellt, dass die Temperatur des Kältemittels tief genug ist, um den Kompressor 40 ausgeschaltet zu halten. Daher fliessen die wiederkonzentrierte Lösung und das ausgetriebene Kältemittel durch die Sekundäreinheit 30, ohne dass in dieser zusätzliche Arbeit geleistet wird, und gelangen dann unter dem Einfluss der Schwerkraft in die Absorber/Verdampfer-Abschnitte.

Der mechanische Kompressor 40 wird so bemessen, dass der Wärmepumpenkreislauf 41 die gesamte Energie liefern kann, die für das Wiederkonzentrieren der Lösung erforderlich ist, d. h.

genügend Energie, um die Lösung vom Zustand B in den Zustand F gemäss Fig. 3 zu bringen. Daher kann der gesamte Wärmebedarf des Kochers vom Wärmepumpenkreislauf 41 befriedigt werden, wenn keine Primärenergie zur Verfügung steht. Um im Arbeitszyklus gemäss Fig. 3 am Auslass aus dem Sekundärkocher 33 eine 56%ige Lithiumbromidlösung zu erhalten, muss der mechanische Kompressor 40 einen Temperaturhub von etwa 44° C entwickeln. Von diesem werden 34° C gebraucht, um die Differenz zwischen der Kondensationstemperatur für den Zustand B und der Lösungstemperatur von etwa 50° C im Punkt F aufzubringen, während je etwa 5° C beim Wärmetausch auf den beiden Temperaturen verloren gehen. Weiter muss in der zweistufigen Gegenstrom-Anordnung die Lösungstemperatur in den beiden Kochern 14 und 33 höchstens bis auf etwa 77° C erhöht werden, damit die Anlage die normalerweise von ihr geforderte Kälteleistung erbringen kann. Diese Temperatur ist beträchtlich niedriger als die Lösungstemperatur von etwa 96° C, die in der Anlage gemäss Fig. 1 erforderlich ist. Die zweistufige Gegenstrom-Anordnung ermöglicht also eine Lösungstemperatur-Einsparung von etwa 20° C.

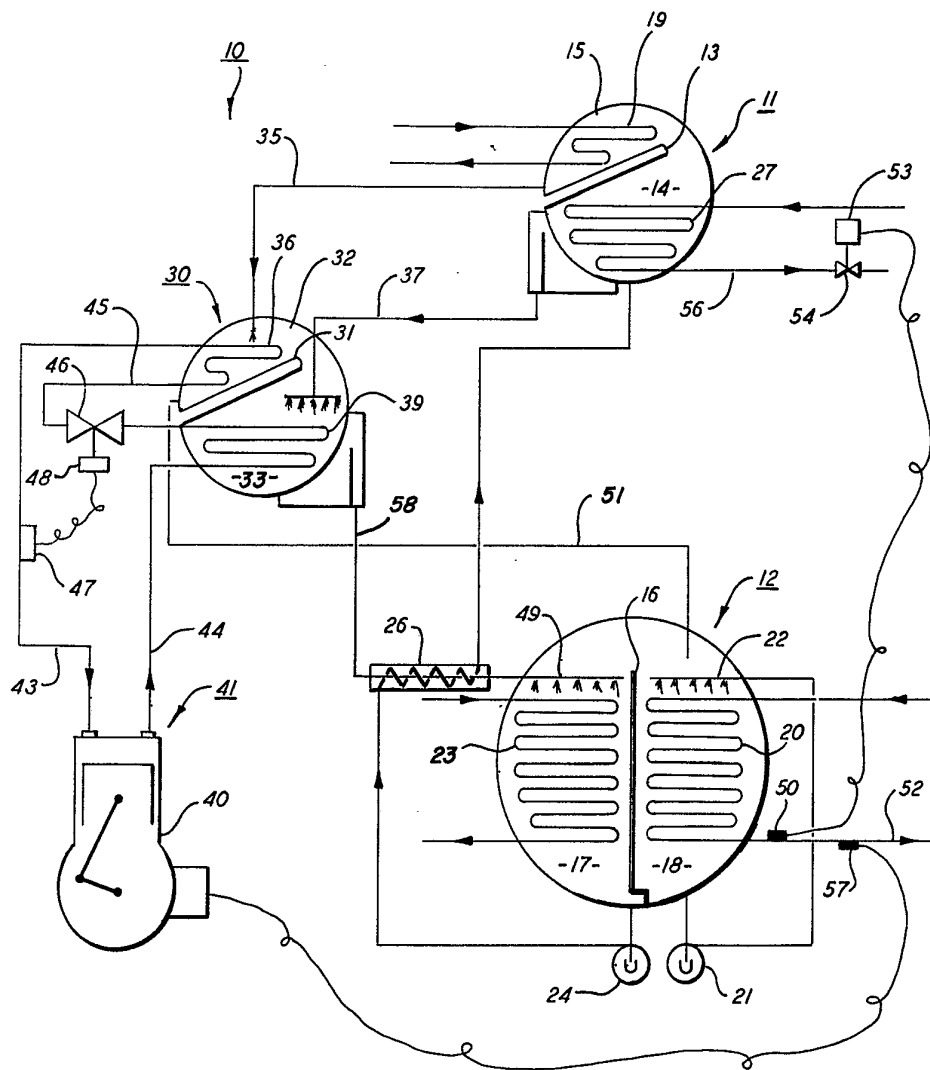


FIG. 1

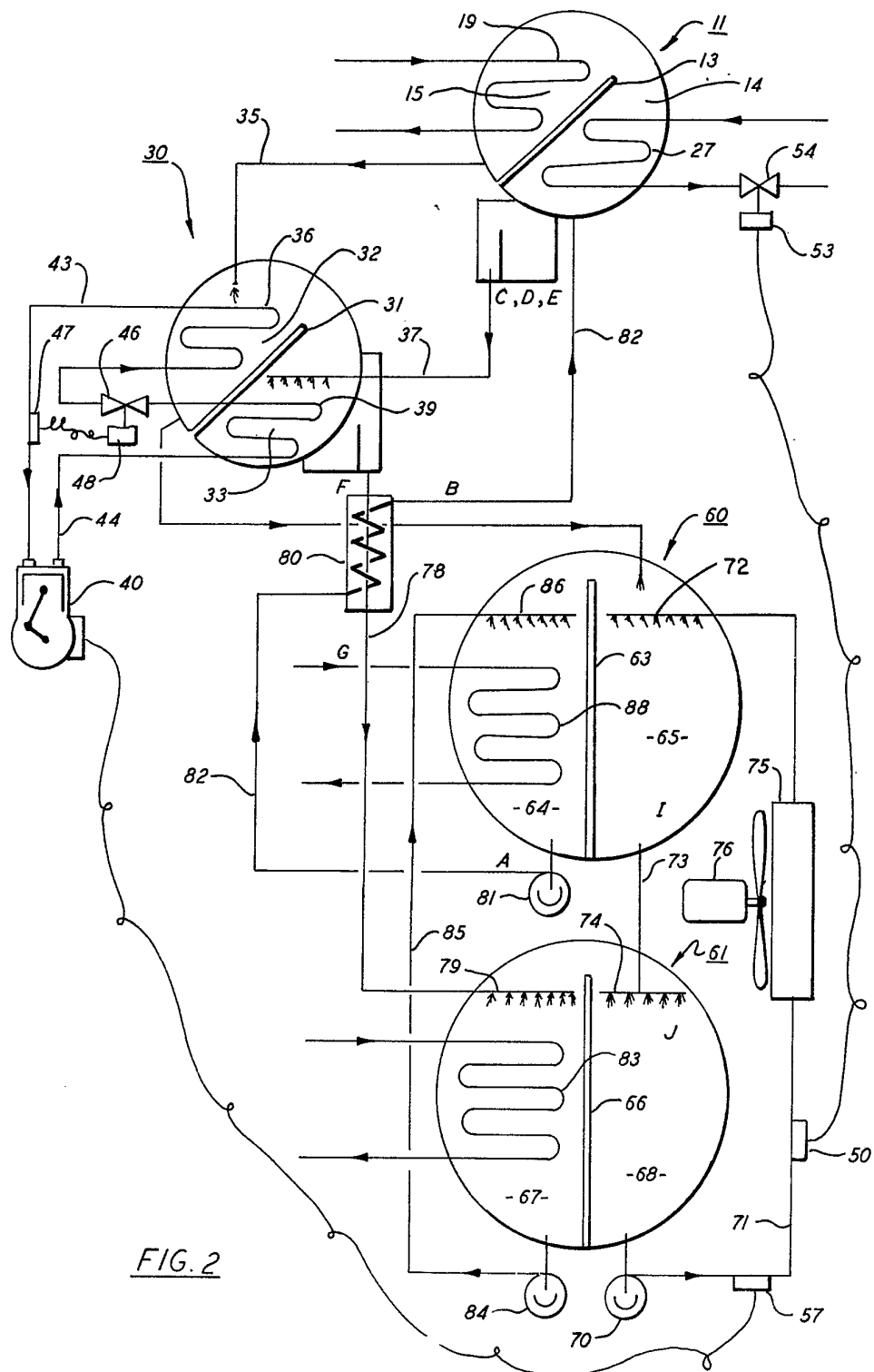


FIG. 2

