



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2442/91

(51) Int.Cl.⁶ : F28D 17/00
F28F 23/00

(22) Anmeldetag: 9.12.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1997

(45) Ausgabetag: 29.12.1997

(30) Priorität:

14. 1.1991 DE 4100818 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

CH 630170A5 DD 20775881 DE 2552698A1 DE 2715877A1
DE 2739068A1 DE 2934321A1

(73) Patentinhaber:

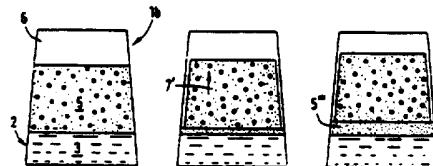
HERRMANN WÄRME SYSTEME GMBH
D-58239 SCHMERTE (DE).

(72) Erfinder:

FIEBACK KLAUS DR.ING.
BERLIN (DE).
KRÄMER THOMAS
ADELSHEIM (DE).
AHRENS WOLFGANG DR.ING.
BERLIN (DE).

(54) VERFAHREN ZUM SPEICHERN VON WÄRME, WÄRMESPEICHERELEMENT UND VORRICHTUNG ZUM
DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS

(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Speichern von Wärme unter Einsatz eines verdampfbaren Wärmetransportmediums und eines schmelzbaren Speichermediums soll der Wärmetausch zwischen dem Wärmetransportmedium und dem Wärmespeichermedium verbessert werden, wobei eine Selbstregelung möglich sein soll. Dabei wird das Wärmetransportmedium bei der Wärmeabgabe an das Wärmespeichermedium wenigstens kurzzeitigen Druck erhöhungen unterworfen. Zum Ausführen des Verfahrens werden Wärmespeicherelemente (1b) vorgeschlagen, die eine kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmige Gestalt besitzen.



B

AT 403 208

Die Erfahrung betrifft ein Verfahren zum Speichern von Wärme in einem schmelzbaren Wärmespeichermedium, bei dem an das Wärmespeichermedium Wärme von einem verdampfbaren Wärmetransportmedium abgegeben wird, das Wärmetransportmedium mit dem Wärmespeichermedium in Berührung steht.

Die Erfahrung betrifft weiters ein Wärmespeicherelement zum Durchführen des Verfahrens nach der 5 Erfahrung in Form eines geschlossenen Behälters mit einem Sumpf, in dem ein verdampftbares Wärmetransportmedium und ein Ladewärmetauscher vorgesehen ist, und einem Dom, in dem ein Entladewärmetauscher vorgesehen ist, wobei in dem Wärmespeicherelement ein schmelzbares Wärmespeichermedium enthalten ist.

Schließlich betrifft die Erfahrung eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach der Erfahrung.

10 Es sind eine Reihe von sogenannten Latent-Wärmespeichersystemen bekannt, z.B. statische Speicher, bei denen das Wärmespeichermaterial in Rohren, Wabenkörpern (DE-A 19 28 694) oder Kapseln (DE-A 23 43 525) enthalten ist. Poröses Speichermaterial zeigt beispielsweise die DE-A 28 54 880. Bei allen diesen bekannten Lösungen versucht man, eine Optimierung durch bestimmte konstruktive Gestaltungen zu erreichen. Eine andere Lösung streben sogenannte dynamische Latent-Wärmespeicher an, bei denen im 15 Gegensatz zu den statischen Speichern, bei denen das Speichermaterial in Ruhe ist und der Wärmeeintrag durch Wärmeleitung erfolgt, das Speichermaterial bewegt wird, um durch Röhren od. dgl. zusätzlich einen konvektiven Wärmeübergang zu erreichen. Hier sei als Beispiel die DE-A 25 43 686 oder DE-A 28 57 314 oder DE-A 32 36 319 genannt. Eine etwas andere Lösung zeigt die AT-B 363 963 oder auch die CH-A 636 427.

20 Die CH-A 630 170 offenbart einen Wärmespeicher mit wärmespeicherndem Material und einem Wärmetransportmedium sowie mit einer Trennwand zwischen diesen Medien. Ein Hinweis auf eine mit einer Druckerhöhung erreichbare Temperaturerhöhung ist in der CH-A 630 170 nicht enthalten.

Die DE-AS 29 34 321 betrifft ebenfalls einen Wärmelatentspeicher mit Wärmetauscherrohren mit einem Wärmespeichermedium. Auch in der DE-A 29 34 321 ist kein Hinweis auf 25 Druck/Temperaturzusammenhänge enthalten.

Die DD-B 207 758 beschreibt einen thermischen Speicher, der gleichzeitig be- und entladbar ist, wobei ein unkontrolliertes Entladen verhindert werden soll.

Die DE-C 27 15 877 offenbart einen Wärmespeicher, in dessen Behälter zur Regelung des Druckes ein gasförmiges Medium enthalten ist. So soll eine Verringerung von Druckunterschieden und damit von 30 Druckbelastungen der Behälterwände erreicht werden.

Aufgabe der Erfahrung ist es, den Wärmeaustausch zwischen Wärmetransportmedium und Wärmespeichermedium zu optimieren, wobei eine Selbstregelung möglich gemacht werden soll.

Bei einem Verfahren der eingangs bezeichneten Art wird diese Aufgabe gemäß der Erfahrung dadurch gelöst, daß der Druck im Wärmetransportmedium bei der Abgabe von Wärme an das Wärmespeichermedium 35 um mehrmals, wenigstens kurzzeitig erhöht wird.

Die Erfahrung bedient sich des Zusammenhangs zwischen Dampfdruck und Siedetemperatur eines Wärmetransportmediums und benutzt den Dampfdruck als Steuergröße des Speicherbetriebes. Dies führt bei ansonst gleichen Bedingungen gegenüber den bekannten Lösungen zu einer wenigstens kurzzeitigen Erhöhung der Temperaturdifferenzen zwischen Speichermedium einerseits und Transportmedium anderseits, so daß sich die Wärmeeintragungsleistung erhöht. Von ganz besonderem Vorteil ist die Erfahrung 40 beim Laden derartiger Speicher.

In einer Ausführungsform des Verfahrens ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß der Druck im Wärmetransportmedium stufenweise erhöht wird. So ergeben sich über den gesamten Weg des Wärmetransportmediums durch das Wärmespeichermedium hindurch höhere Temperaturdifferenzen zwischen den beiden 45 Medien, was noch besser zu den oben genannten Vorteilen führt.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe sieht die Erfahrung auch ein Wärmespeicherelement der eingangs genannten Gattung vor, das sich dadurch auszeichnet, daß das Wärmespeicherelement eine etwa kegelförmige oder pyramidenstumpfförmige Gestalt besitzt. Die Wirkungsweise einer solchen Gestaltung ist weiter unten noch näher beschrieben.

50 Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist es erfindungsgemäß auch möglich, das Wärmespeicherelement derart zu gestalten, daß das Wärmespeicherelement als elastisches Wellrohr oder elastischer Wellschlauch ausgebildet ist. Dabei kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, daß der Durchmesser des als Wellrohr oder Wellschlauch ausgebildeten Wärmespeicherelementes über seine Länge gesehen zum Dom hin kleiner wird.

55 Eine gegenüber den vorgenannten Gestaltungen abweichende, das Erfindungsprinzip nutzende Gestaltung eines Wärmespeicherelementes besteht nach der Erfahrung auch darin, daß zwischen dem dampfförmigen Wärmetransportmittel aufnehmenden Dom und dem Bereich des Wärmespeicherelementes, in dem das Wärmespeichermedium enthalten ist, ein Lochboden mit regelbaren Drosselöffnungen vorgesehen ist.

Eine technisch einfache Gestaltung kann erfindungsgemäß darin bestehen, daß auf dem Lochboden Drosselklappen mit einem einstellbaren Öffnungswiderstand vorgesehen sind. Der Öffnungs- oder Drosselwiderstand kann bei dieser Ausführungsform mit in Schließrichtung wirkenden, einstellbaren Federn erfolgen, wobei sichergestellt sein soll, daß immer wenigstens ein gewisser Querschnitt der Drosselloffnungen als Durchströmbereich zur Verfügung steht.

Bei einer Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, daß in einem Wärmespeicher eine Vielzahl von nebeneinander und/oder übereinander angeordneten Wärmespeicherelementen vorgesehen ist. Diese Lösung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die einzelnen Speicherelemente in einer Grundgröße werkseitig hergestellt werden und dann je nach Größe des zu bildenden Wärmespeichers dort zu einer Mehrzahl in einer Ebene zusammengefaßt oder auch in mehreren Ebenen übereinander angeordnet werden können, um die Kapazität derartiger Vorrichtungen zu vergrößern.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Es zeigt:
Fig. 1A bis 1C ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wärmespeicherelementes mit Wellenschläuchen,
Fig. 2A bis 2C eine vereinfachte Wiedergabe von Wärmespeicherelementen als Kegelstumpf jeweils in unterschiedlichen Verfahrensstadien und
Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ebenfalls in schematischer, vereinfachter Darstellung.

Die in den Fig. 1A in unterschiedlichen Verfahrensstadien dargestellte, allgemein mit 1 bezeichnete Vorrichtung stellt ein mit 1a bezeichnetes Wärmespeicherelement in Wellrohrgestaltung dar. Dieses Wärmespeicherelement besteht im Ruhezustand aus drei Bereichen, nämlich einen unteren Sumpf- oder Vorratsbereich 2 für ein mit 3 bezeichnetes Wärmetransportmittel, einem mittleren Bereich 4, ausgefüllt von einem Speichermaterial 5 und einem oberen Gas- oder Dampfraum 6, der sich bei Betrieb der Vorrichtung 1 mit dampfförmigem Wärmetransportmittel 3 füllt.
In Fig. 1B ist die Situation dargestellt, daß durch Wärmezufuhr zum Wärmetransportmittel 3 dieses randseitig das Speichermaterial 5 aufschmilzt, die Randzonen sind deshalb in Fig. 1B mit 5' bezeichnet und sollen flüssiges Speichermaterial bedeuten. Da auch und vor allem im unteren Bereich zwischen flüssigem Wärmetransportmedium 3 und Speichermaterial 5 ein Flüssigkeitsbereich 5'' des Speichermaterials entsteht, schwimmt das Speichermaterial um einen geringen Betrag nach oben, was durch einen Pfeil 7 in Fig. 1B bzw. Fig. 1C angedeutet ist. Damit stoßen in den nach innen ragenden Bereichen des Wellrohres 1a' die entsprechenden, nach außen ragenden Vorsprünge des noch nicht aufgeschmolzenen Speichermaterials 5 aneinander, so daß kleine Reservoir 5''' mit flüssigem Speichermaterial entstehen, wie dies in Fig. 1C angedeutet ist. Durch weitere Wärmezufuhr und weiteres Aufschmelzen wird der Druck im Bereich dieser Reservoir 5''' und unterhalb des noch nicht verflüssigten Speichermaterials erhöht und damit der Wärmeübergang zwischen Wärmetransportmedium und Speichermaterial gesteigert.

Bei dem Beispiel nach den Fig. 1A bis 1C erfolgt dies ruck- oder intervallartig. Wenn nämlich durch den erhöhten Wärmeübergang wiederum ein Teil des Speichermaterials aufgeschmolzen ist schwimmt dieses wieder um ein Stück gemäß Pfeil 7 nach oben, der Druck sinkt kurzfristig wieder ab und der Kleinzzyklus der Druckerhöhung durch Verkanten oder Verklemmen des noch nicht aufgeschmolzenen Speichermaterials 5 beginnt von neuem. Damit ist eine unmittelbare Selbstregelung im System sichergestellt.

Bei dem System in den Fig. 2A bis 2C ist dies grundsätzlich ähnlich, wenn auch erreicht durch andere geometrische Formen. Hier ist die Vorrichtung 1 als kegelstumpf- bzw. pyramidenstumpfförmiges Speicherelement 1b gestaltet, wobei hier ansonsten die Bereiche, nämlich Wärmetransportmittelreservoir 3, Wärmespeichermedium 5 und Gasraum 6, die gleichen Bezugszeichen tragen, wie beim Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1A bis 1C.

Auch hier ist die Wirkungsweise ähnlich wie bereits oben zu den Fig. 1A bis 1C dargestellt. Hier schwimmt der kegelstumpfförmige Speichermaterialklotz 5 nach bereichsweisem Abschmelzen aufgrund der Wärmeabgabe durch das Wärmeübertragungsmedium 3 nach oben gemäß Pfeil 7' in Fig. 2B. Durch die sich verjüngenden Seitenwände des Speicherelementes 1b erfolgt kurzfristig später wiederum der Seitenkontakt mit den Seitenwänden des Speicherelementes 1b und danach erfolgt durch kurzfristige Druckabsenkung durch das Aufschwimmen nunmehr eine erneute Druckerhöhung durch das Nachschmelzen des Speichermaterials im unteren Bereich, der auch hier in Fig. 2C mit 5''' bezeichnet ist.

In Fig. 3 ist schließlich wiederum ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei hier das Wärmespeicherelement mit 1c bezeichnet ist.

Im unteren Flüssigkeitsreservoir oder Sumpf 3 ist ein unterer Wärmeaustauscher 8 dargestellt, während im Gasraum 6 ein oberer Wärmeaustauscher 9 angedeutet ist, wobei an dieser Stelle erwähnt sei, daß unmittelbar die Gefäßwände als Wärmetauscherflächen gestaltet sein können, die Wärmeaustauscher 8

und 9 sollen hier symbolisch nur die Wärmezufuhr bzw. Wärmeabfuhr in diesem Bereich andeuten.

Im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 und 2 ist beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 zwischen dem Wärmespeichermedium 5 und dem Gasraum 6 ein Lochboden 10 vorgesehen, der, wie angedeutet, eine Mehrzahl von Drosselöffnungen 11 trägt, die wenigstens zum Teil oben von 5 Drosselklappen 12 beaufschlagt sind.

Ohne daß dies näher dargestellt ist, soll wenigstens ein Teil der Drosselöffnungen 11 entweder grundsätzlich ohne Drosselklappen ausgerüstet sein oder aber die Drosselklappen eine solche Niedrigstellung erreichen, daß immer noch ein gewisser Gasdurchtritt des gasförmigen Wärmetauschermediums 3 sichergestellt ist.

10 Die Wirkungsweise ist dabei die folgende:

Strömt eine gewisse Gasmenge des verdampften Wärmetauschermediums 3 durch den Lochboden, werden durch den Gasstrom die Drosselklappen geöffnet, die entweder durch die Schwerkraft oder durch vorbestimmte Schließfedern od. dgl. dieser Öffnungsbewegung entgegenwirken, derart, daß sich unterhalb des Lochbodens der Druck im gasförmigen Wärmetauschermedium mit der Maßgabe erhöht, daß sich 15 dadurch auch, wie bereits beschrieben, die Wärmeübertragungsleistung erhöht und ein besseres Aufschmelzverhalten die Folge ist.

Dargestellt ist auch noch, daß ein gewisser Abstand zwischen Oberfläche, Speichermaterial 5 und 20 Lochboden 10 vorhanden ist, dies soll andeuten, daß es hier zu einem gewissen Aufschwimmen kommen kann, wobei der Abstand so getroffen ist, daß etwa noch nicht verflüssigtes Wärmetauschermedium nicht 25 die Durchtrittsöffnungen 11 im Lochboden zusetzt oder verkrustet.

Natürlich sind die beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung noch in vielfacher Hinsicht abzuändern, ohne den Grundgedanken zu verlassen. So können auch andere geometrische Formen des Wärmespeichermediums vorgesehen sein, die Wellrohre können sich z.B. von unten nach oben verjüngen. Auch können statt der Drosselklappen beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 Überdruckventile mit 25 sensiblem Ansprechverhalten vorgesehen sein u. dgl. mehr.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Speichern von Wärme in einem schmelzbaren Wärmespeichermedium, bei dem an das 30 Wärmespeichermedium Wärme von einem verdampfbaren Wärmetransportmedium abgegeben wird, das Wärmetransportmedium mit dem Wärmespeichermedium in Berührung steht, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck im Wärmetransportmedium bei der Abgabe von Wärme an das Wärmespeichermedium mehrmals, wenigstens kurzzeitig erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck im Wärmetransportmedium 35 stufenweise erhöht wird.
3. Wärmespeicherelement zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, in Form eines geschlossenen Behälters mit einem Sumpf (2), in dem ein verdampftbares Wärmetransportmedium (3) und ein Ladewärmetauscher (8) vorgesehen ist, und einem Dom (6), in dem ein Entladewärmetauscher 40 (9) vorgesehen ist, wobei in dem Wärmespeicherelement (1b) ein schmelzbares Wärmespeichermedium (5) enthalten ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmespeicherelement (1b) eine etwa kegelstumpf- oder pyramidenstumpfförmige Gestalt besitzt.
4. Wärmespeicherelement zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wärmespeicherelement (1a) als elastisches Wellrohr oder elastischer Wellschlauch 45 ausgebildet ist.
5. Wärmespeicherelement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser des als Wellrohr oder Wellschlauch ausgebildeten Wärmespeicherelementes (1a) über seine Länge gesehen 50 zum Dom (6) hin kleiner wird.
6. Wärmespeicherelement zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem dampfförmiges Wärmetransportmittel (3') aufnehmenden Dom (6) und dem Bereich des Wärmespeicherelementes (1c), in dem das Wärmespeichermedium (5) enthalten ist, ein Lochboden (10) mit regelbaren Drosselöffnungen (11) vorgesehen ist.

AT 403 208 B

7. Wärmespeicherelement nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf dem Lochboden (10) Drosselklappen (12) mit einem einstellbaren Öffnungswiderstand vorgesehen sind.
- 5 8. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Wärmespeicher (1) eine Vielzahl von nebeneinander und/oder übereinander angeordneten Wärmespeicherelementen (1a, 1b, 1c) nach einem der Ansprüche 3 bis 7 vorgesehen ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

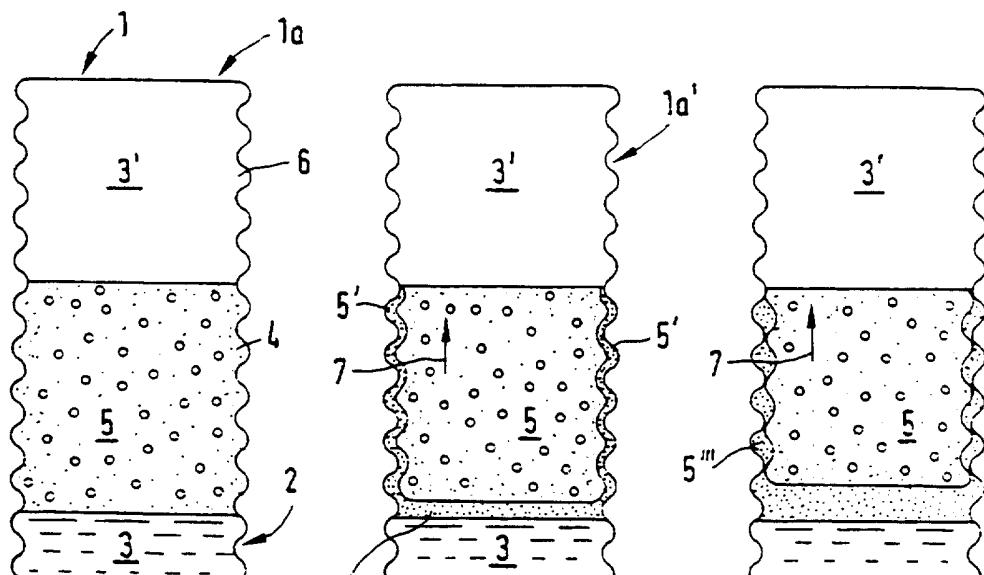


FIG.1A

FIG.1B

FIG.1C

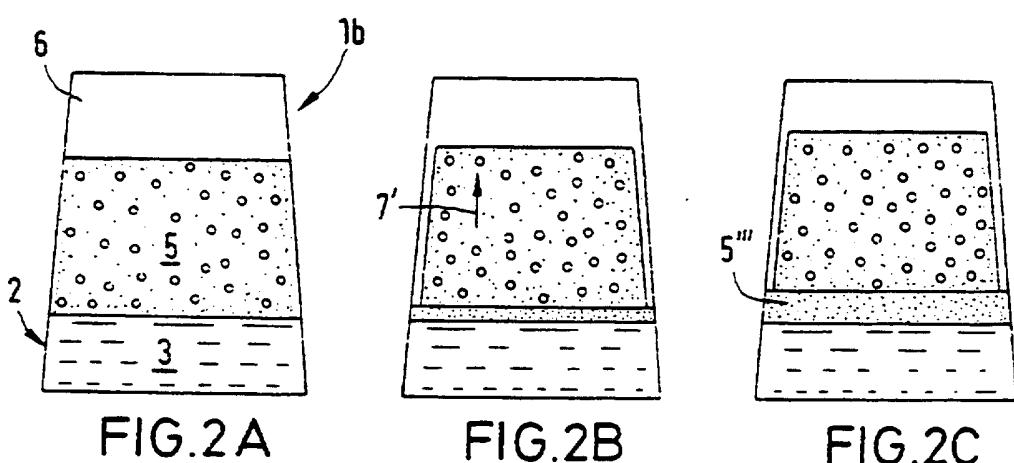


FIG.2A

FIG.2B

FIG.2C

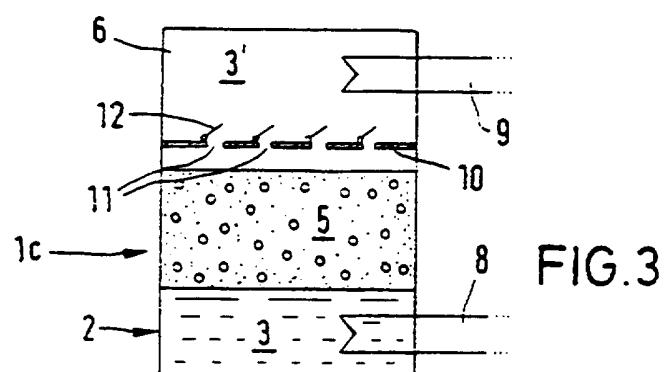


FIG.3