

19



Octrooiraad
Nederland

11 Publikatienummer: **9102072**

12 A TERINZAGELEGGING

21 Aanvraagnummer: **9102072**

22 Indieningsdatum: **11.12.91**

51 Int.Cl.⁵:
**F24J 1/04, F28D 20/00,
F25B 17/08, F28F 23/00,
C09K 5/00, B01J 19/32**

43 Ter inzage gelegd:
01.07.93 I.E. 93/13

71 Aanvrager(s):
**De Beijer Raadgevend Technisch Bureau B.V. te
Arnhem**

72 Uitvinder(s):
**Hendrikus Antonius de Beijer te Huissen. Jan
Willem Klein Horsman te Arnhem**

74 Gemachtigde:
**Ir. L.C. de Bruijn c.s.
Nederlandsch Octroobureau
Scheveningseweg 82
2517 KZ 's-Gravenhage**

54 **Warmteaccumulator, werkwijze voor de vervaardiging daarvan, alsmede energiesysteem voorzien van een dergelijke warmteaccumulator**

57 De uitvinding behelst een warmteaccumulator bestaande uit een vat met een ten minste gedeeltelijk warmtegeleidende wand, welk vat een materiaal bevat dat een warmte transporterende stof exotherm absorbeert en endotherm desorbeert, welk materiaal in het bijzonder natriumsulfide is en aan de wand van het vat gehecht is door middel van een vezelachtig materiaal, zoals cellulose.
Ook wordt een werkwijze voor het vervaardigen van dergelijke warmteaccumulator geboden, volgens welke men op de binnenwand van een afsluitbaar vat, bij voorkeur via warmte geleidende uitsteeksels, het vezelachtige materiaal aanbrengt en vervolgens het absorberende en desorberende materiaal in gesmolten en/of gehydrateerde toestand in contact brengt met het vezelachtige materiaal.

NL A 9102072

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Warmteaccumulator, werkwijze voor de vervaardiging daarvan, alsmede energiesysteem voorzien van een dergelijke warmteaccumulator.

De uitvinding heeft betrekking op een chemische warmteaccumulator voor de opslag en/of afgifte van warmte, waarbij warmte wordt opgeslagen resp. afgegeven in de vorm van chemische-bindingsenergie. Een dergelijke warmteaccumulator bestaat uit een vat met een ten minste gedeeltelijk warmtegeleidende wand, welk vat een materiaal bevat dat een warmte transporterende stof exotherm absorbeert en endotherm desorbeert. Bij het opladen van de accumulator wordt de warmte transporterende stof (het sorbaat) uit het absorberende en desorberende materiaal verdampt. Deze damp kan condenseren in een condensor/verdamer die zich op een lagere temperatuur bevindt dan de accumulator. Bij het ontladen van de accumulator wordt het sorbaat in de condensor/verdamer onder opname van warmte verdampt en door het absorberende en desorberende materiaal in de accumulator onder afgifte van warmte geabsorbeerd op een hogere temperatuur dan die van de condensor/verdamer.

In de onderhavige beschrijving en conclusies wordt met de term "warmteaccumulator" alleen het vat bedoeld waarin de absorptie en desorptie plaatsvindt, terwijl de combinatie met een verdamer/condensor en eventuele verbindingsleidingen, die bruikbaar is als warmtepomp, wordt aangeduid met de term "energiesysteem".

Een energiesysteem zoals hierboven aangeduid is bekend uit de Nederlandse octrooiaanvraag 7714490 en het Amerikaanse octrooischrift 4186794. Als absorberende en desorberende vaste stof worden daarbij calciumchloride en natriumsulfide voorgesteld en als warmte transporterende stof water. Een nadeel van een dergelijk systeem is echter dat de vaste stof, als al dan niet gehydrateerd metaalzout, los rond of in de warmtewisselaar is gestort en als gevolg daarvan de warmteuitwisseling tussen het absorberende/desorberende materiaal en de warmtewisselaar slecht is. Een soortgelijk systeem is bekend uit de Europese octrooiaanvraag 35871 waarbij als absorberende/desorberende vaste stof aluminiumverbindingen worden gebruikt, welke in bakjes zijn gestort. Ook dit systeem heeft het genoemde nadeel van de slechte warmteoverdracht.

Men heeft gepoogd het probleem van de slechte warmteuitwisseling op te lossen door het warmtegeleidende vermogen te verhogen door gebruik van toevoegsels met een hoge warmtegeleidbaarheid (Europese octrooiaanvraag 129473) of door gebruik van absorberende/desorberende vaste stoffen die

9 1 0 2 0 7 2

zelf een hoge warmtegeleidbaarheid hebben zoals in de Europese octrooi-aanvraag 35871. Dergelijke oplossingen hebben echter niet geleid tot een zodanige warmteuitwisseling dat snel opladen en ontladen van het energiesysteem mogelijk is. Een ander nadeel van het bekende chemische warmte-accumulatorsysteem is de noodzaak om het systeem van tijd tot tijd te ontgassen, hetgeen extra kosten en voorzieningen vereist en het systeem tijdelijk aan het gebruik onttrekt.

In de niet voorgepubliceerde Nederlandse octrooiaanvraag 90.01289 wordt een warmteaccumulator beschreven, waarin het absorberende/desorberende materiaal een kristallijne stof is die aan de wand van het tweede vat is gehecht en tijdens gebruik daaraan gehecht blijft. Het hechten geschiedt daarbij doordat men het kristallijne materiaal in gesmolten en/of sterk gehydrateerde toestand op de binnenwand van een afsluitbaar vat aanbrengt en het aan de wand hecht door afkoelen en/of afdampen van bijvoorbeeld water.

Het kristallisatieproces is echter niet altijd goed regelbaar, waardoor het moeilijk is de uiteindelijke structuur van het kristallijne materiaal te bepalen. Ook is het moeilijk deze structuur tijdens langdurig gebruik vast te houden. Bovendien zijn de snelheid en de capaciteit van absorptie van warmte transporterende stof voor verbetering vatbaar.

Gevonden is nu een warmteaccumulator die de genoemde nadelen niet heeft en waarmee in een energiesysteem korte laad- en ontlaadtijden en lange levensduren haalbaar zijn.

De warmteaccumulator volgens de uitvinding heeft als kenmerk dat het absorberende en desorberende materiaal aan de wand van het vat gehecht is door middel van een vezelachtig materiaal. Onder "wand" wordt hier verstaan elke fysieke begrenzing van het vat, dus ook de buitenwand van een zich in het vat bevindend lichaam.

Door dit kenmerk wordt de vervaardiging van een warmteaccumulator vereenvoudigd en wordt een stabiele structuur verkregen, waarmee een snelle en effectieve absorptie en desorptie van warmte transporterende stof (sorbaat) plaats vindt.

Het vezelachtige materiaal kan elk materiaal zijn dat vloeistoffen, in het bijzonder water, kan absorberen en een niet-compacte structuur heeft. Bij voorkeur is het vezelachtige materiaal cellulose of een cellulosederivaat, waarbij onder cellulose elk natuurlijk of kunstmatig celluloseachtig materiaal wordt verstaan, zoals van hout, katoen e.d. afgeleid materiaal, gemodificeerde cellulose e.d.

De toepassing van cellulose bij warmte-opslag is op zichzelf bekend uit de Nederlandse octrooiaanvraag 78.12120. Daarin wordt een element beschreven bestaande uit een lichaam van vezelmateriaal zoals papier of karton, dat is geïmpregneerd met een oplossing van calciumchloride. Door drogen kan het element worden geladen (warmteopslag), en door doorblazen van vochtige lucht kan de opgeslagen warmte weer worden afgegeven. Dit element is echter niet geschikt voor toepassing in gesloten systemen zoals warmtepompen, doordat de warmte-overdracht daarvoor ontoereikend is en een combinatie met een warmtewisselaar niet mogelijk is. Ook is een dergelijk element niet geschikt voor toepassing als koude-opslag.

Het materiaal dat als absorberende/desorberende vaste stof werkt kan een daartoe bekend zout zijn, zoals een hygroscopisch chloride, bijvoorbeeld magnesium-, calcium- of lithiumchloride. Bij voorkeur is het absorberende en desorberende materiaal echter natriumsulfide.

De warmte transporterende stof kan zoals gebruikelijk water(damp) zijn. In ontladen toestand van het energiesysteem bevindt het absorberende en desorberende materiaal zich dan in een relatief hoge hydratatie-toestand, bijvoorbeeld $\text{Na}_2\text{S}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$, en in opgeladen toestand van het energiesysteem bevindt het zich in een lage hydratatietoestand, bijvoorbeeld $\text{Na}_2\text{S}\cdot \text{H}_2\text{O}$ of $\text{Na}_2\text{S}\cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

De warmte transporterende stof kan echter ook een andere stof zijn die zowel in dampvorm als in vloeibare vorm aanwezig kan zijn en in een kristalstructuur kan worden ingebouwd, bijvoorbeeld een alcohol, in het bijzonder methanol, of een amine, in het bijzonder ammoniak (NH_3). De toepassing van ammoniak heeft bijzonder de voorkeur wanneer warmteuitwisseling bij betrekkelijk lage temperaturen moet plaatsvinden.

Het vezelachtige materiaal kan rechtstreeks op de binnenwand van warmteaccumulator zijn aangebracht in een gewenste dikte van bijvoorbeeld enige mm tot enige cm. Bij voorkeur bevindt het vezelachtige materiaal zich echter op oppervlakte vergrotende, warmtegeleidende uitsteeksels aan de wand, bijvoorbeeld in de vorm van metaaldraden, haren, spiralen, ribbels, e.d. Daardoor kan de hoeveelheid absorberend en desorberend materiaal per oppervlakte-eenheid worden vergroot, waardoor de warmtecapaciteit van de warmteaccumulator toeneemt. Ook is daardoor de hechting van het vezelachtige materiaal en van het absorberende en desorberende materiaal verbeterd. Door de vaste binding van het materiaal aan de wand van de warmteaccumulator blijft het ook bij bewegingen, schokken en trillingen van de accumulator op zijn plaats.

De oppervlakte vergrotende structuur kan worden verkregen door uit hetzelfde materiaal als de wand van de warmteaccumulator of uit ander materiaal draden of staafjes of vinnen aan de wand van het accumulatorvat te bevestigen. De bevestiging kan bijvoorbeeld plaatsvinden door hard of zacht solderen, maar ook kunnen de wand en de oppervlakte vergrotende structuur in één geheel zijn gevormd of gegoten. Materialen met een goede warmtegeleiding komen in het bijzonder in aanmerking, bijvoorbeeld koper of gecoat aluminium. De coating op het aluminium kan bestaan uit een ondoordringbare laag, al of niet van metallische aard (bijvoorbeeld elektrolytisch of chemisch opgebracht koper).

De warmteaccumulator volgens de uitvinding kan op diverse wijzen zijn geconstrueerd. Een bijzondere vorm is die waarbij het vat twee concentrische buizen omvat, waarbij het kristallijne materiaal zich in de ruimte tussen de twee buizen bevindt. Deze pijpvormige warmteaccumulator wordt bij voorkeur vertikaal opgesteld. De ruimte tussen de twee buizen is dan aan de onderzijde afgesloten door een schot, dat tevens dient voor het opvangen van eventueel losgeraakt materiaal.

In een variant van de pijpvormige accumulator is de binnenste buis voorzien van een klep die via een zich buiten het vat bevindende magneet bedienbaar is, waarbij de binnenste buis dient voor de toevoer en afvoer van de warmte transporterende stof. In een andere variant is de binnenste buis inwendig voorzien van een op zichzelf bekende warmtewisselaar.

Wanneer de warmteaccumulator bestaat uit twee concentrische buizen, kunnen de oppervlakte vergrotende uitsteeksels bijvoorbeeld worden gevormd door een rechthoekig gewikkelde metaaldraad. De breedte van de wikkeling komt dan overeen met de afstand tussen de binnenste en de buitenste buis, zodat wanneer de gewikkelde draad spiraalsgewijs door de ruimte tussen de beide buizen is aangebracht, de wikkeling zowel de buitenste buis als de binnenste buis raakt.

De warmteaccumulator is bij voorkeur voorzien van een of meer warmtewisselaars voor het snel toe- en afvoeren van warmte. De warmtewisselaars kunnen zijn aangebracht aan de buitenwand van het vat. Bij voorkeur bevindt zich het absorberende en desorberende materiaal aan dat gedeelte van het vat dat in contact staat met de warmtewisselaars. Ook kan de warmtewisselaar zich in het vat bevinden, in welk geval de buitenwand van de warmtewisselaar deel uitmaakt van de (binnen)wand van het vat. Wanneer de accumulator bestaat uit twee concentrische buizen, kan de warmtewisselaar zich aldus als spiraalvormige pijp in de ruimte tussen de

binnenbuis en de buitenbuis bevinden, waarbij deze bij voorkeur is voorzien van uitsteeksels waarop zich het vezelachtige materiaal met daarop de absorberende en desorberende stof bevindt.

5 De uitvinding heeft eveneens betrekking op een werkwijze voor de vervaardiging van een warmteaccumulator die de bovengenoemde kenmerken heeft. Volgens deze werkwijze brengt men op de binnenwand van een afsluitbaar vat een vezelachtig materiaal aan en brengt men vervolgens het absorberende en desorberende materiaal in gesmolten en/of gehydrateerde toestand in contact met het vezelachtige materiaal. Daarbij wordt 10 het absorberende en desorberende materiaal op sponsachtige wijze door het vezelachtige materiaal geabsorbeerd.

Het vezelachtige materiaal wordt bij voorkeur gecombineerd met een middel dat de warmtegeleiding verbetert, zoals grafiet of siliciumcarbide. Eventueel kan een dergelijk middel tegelijk met het absorberende 15 en desorberende materiaal worden aangebracht, maar bij voorkeur wordt het warmtegeleidende materiaal gemengd met het vezelachtige materiaal en tezamen daarmee aangebracht. De toevoeging van grafiet kan - naast een verbeterde warmtegeleiding - de homogeniteit van de structuur en de stabiliteit van de laag absorberend en desorberend materiaal verbeteren 20 en verder kan het grafiet eventuele sporen van ongewenste gassen, zoals zuurstof, absorberen.

Het vezelachtige materiaal kan zowel in droge als in bevochtigde toestand in het vat worden gebracht. Wanneer in het onderstaande wordt 25 gesproken over cellulose, kan het daarbij ook om een ander vezelachtig materiaal gaan, zoals hierboven is uiteengezet. Bij aanbrengen in droge toestand kan men de cellulose al of niet met behulp van een luchtstroom in het vat brengen, dan wel als poeder of stof ingieten. Met behulp van een kousje of gaasje van katoencellulose of een ander damp doorlatend materiaal kan het vezelachtige materiaal indien nodig op zijn plaats 30 worden gehouden.

Het vezelachtige materiaal kan ook in natte of vochtige toestand in het vat worden gebracht. Het kan dan, bij voorkeur gemengd met grafiet, als homogene pasta gemakkelijk op de beoogde plaats worden gebracht.

35 Indien als absorberend en desorberend materiaal natriumsulfide wordt gebruikt, wordt dit bijvoorbeeld in maximaal gehydrateerde toestand, zoals $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, bij verhoogde temperatuur in het vat aangebracht en worden vervolgens door afkoelen natriumsulfidekristallen gevormd die zich via het vezelachtige materiaal aan de wand van het vat hechten.

9102072

Ook kan het natriumsulfide in vloeibare vorm door het vezelachtige materiaal worden geabsorbeerd, waarbij geen sprake van kristallen behoeft te zijn. Eventueel kunnen de stappen van het aanbrengen van gesmolten en/of gehydrateerd kristallijn materiaal en van het afkoelen en kristalliseren en/of absorberen worden herhaald tot de gewenste laagdikte is verkregen. Ook kan tussentijds, nadat een gedeeltelijke hechting van het absorberende en desorberende materiaal heeft plaatsgevonden, de rest van het gesmolten en/of gehydrateerde materiaal worden afgegoten.

Bij een variant van de werkwijze volgens de uitvinding worden het vezelachtige materiaal en het absorberende en desorberende materiaal in het vat aangebracht nadat daarin een vullichaam, bijvoorbeeld in de vorm van een kunststof gietkern is gebracht, die een gelijkmatige ruimte voor het vezelachtige materiaal overlaat. Dit vullichaam wordt vervolgens, wanneer het vezelachtige materiaal zich aan de wand heeft gehecht, voor of na het aanbrengen van het absorberende en desorberende materiaal, weer verwijderd.

Volgens een andere voordelige variant brengt men tussen de warmtegeleidende uitsteeksels een of meer vullichamen aan. Deze vullichamen kunnen bijvoorbeeld de vorm hebben van strips. De overblijvende ruimte tussen de wand en de uitsteeksels wordt daarna opgevuld met vezelachtig materiaal, bij voorkeur in vochtige toestand, waarna het vezelachtige materiaal wordt gedroogd, zodat er enig verband in de vezelachtige massa ontstaat, zodat de vullichamen weer kunnen worden verwijderd. Er blijven dan tussen het vezelachtige materiaal uitsparingen over, die een eventuele uitzetting van het vezelachtige materiaal tijdens het aanbrengen van het absorberende en desorberende materiaal of tijdens het gebruik van de warmteaccumulator kunnen opvangen.

Verder voordeel biedt het wanneer de handelingen van smelten en op de warmtewisselaar aanbrengen van natriumsulfide worden verricht onder uitsluiting van waterdamp, zuurstof, kooldioxide en eventuele andere reactieve gassen, zodat geen chemische omzettingen van het natriumsulfide met een van deze gassen kunnen optreden. Hierdoor zal het systeem tijdens absorptie en desorptie geen andere restgassen dan water produceren, zodat ontgassen van de installaties slechts voor het eerste gebruik nodig is.

De wand van de warmteaccumulator en van het energiesysteem kan van elk geschikt warmtegeleidend materiaal zijn, in het bijzonder van metaal. Door gebruik te maken van koper of een andere inert materiaal, bijvoorbeeld gecoat aluminium, dat in afwezigheid van zuurstof geen reacties met

natriumsulfide vertoont, wordt een systeem verkregen waarvan ook het wandmateriaal geen aanleiding geeft tot het vrijkomen van gassen die het proces van verdampen en condenseren en van absorptie en desorptie kunnen bemoeilijken. Ook hierdoor wordt ontgassen of vacumeren tijdens gebruik overbodig.

Door toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding wordt bereikt dat de structuur van het absorberende en desorberende materiaal, in het bijzonder natriumsulfide, na het aanbrengen niet meer wezenlijk verandert. Dat wil zeggen dat de afstand tussen de natriumionen en sulfide-
10 ionen in de absorptievorm $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ nagenoeg gelijk zijn aan die van de desorptievormen $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en $\text{Na}_2\text{S} \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, met dien verstande dat er in de laatste twee vormen ruimte over is voor watermoleculen. Hetzelfde geldt in principe ook bij verschillende hydratatioestanden van andere zouten, en bij een ander sorbaat dan water, bijvoorbeeld methanol of ammoniak.

15 Nadat het absorberende en desorberende materiaal in voldoende hoeveelheid en in de gewenste structuur is aangebracht, wordt het door verwarmen en/of afzuigen gedehydrateerd tot de voor de gebruiksomstandigheden gewenste maximale hydratatioestand. Bij natriumsulfide is dit bij voorkeur ongeveer 5 mol per mol Na_2S . De overblijvende vrije kristalroosterplaatsen zorgen er dan voor dat de diffusie van het sorbaat ook binnen
20 het rooster altijd voldoende groot is, ook in bijna verzadigde toestand (ontladen warmteaccumulator).

De uitvinding betreft verder een energiesysteem dat een warmteaccumulator met een warmte transporterende stof die zowel in de vloeistoffase
25 als in de dampfase kan verkeren, en een via een afsluitbare dampleiding met de warmteaccumulator verbonden verdamper en condensor voor het verdampen resp. condenseren van de warmte transporterende stof omvat. Dit soort systemen moet eerst geladen worden door warmte toe te voeren aan de accumulator en door tegelijkertijd de verdamper/condensorinrichting te
30 koelen. Wanneer het systeem geheel of gedeeltelijk is geladen kan het proces worden omgekeerd, bijvoorbeeld door de accumulator te koelen waardoor aan de verdamper/condensorinrichting koeling optreedt.

De uitvinding biedt een verbetering van een dergelijk energiesysteem doordat het energiesysteem een warmteaccumulator zoals hierboven omschreven omvat.
35

In een voordelige uitvoeringsvorm bezitten de warmteaccumulator en de inrichting voor het verdampen resp. condenseren van de vloeistof resp. damp een gemeenschappelijk gasdicht huis, waarbij het onderste gedeelte

ven het huis de verdamper/condensor (het koude gedeelte) is en het bovenste gedeelte van het huis de warmteaccumulator (het warme gedeelte) is. Bij een dergelijke uitvoering kan op betrouwbare wijze verzekerd worden dat in het inwendige van het systeem een bepaalde atmosfeer bewaard

5 blijft. Dit is van belang voor een goede werking van het systeem, aangezien van buitenaf binnendringende gassen, zoals omgevingslucht, de in het systeem optredende processen zouden kunnen verstoren.

Bij voorkeur bevindt zich tussen het warme en het koude gedeelte een tussenstuk van warmte-isolerend materiaal. Daardoor kunnen de temperatuurverschillen die bij gebruik van het systeem tussen de verdamper/condensator en de warmteaccumulator optreden beter gehandhaafd worden.

10

Volgens een eenvoudige uitvoeringsvorm is het huis pijpvormig. Een compacte uitvoering van het systeem bezit een huis dat inwendig is voorzien van een de verdamper/condensator aan de bovenzijde begrenzend schot met een gat dat aansluit op het ene einde van een leiding die met het

15 andere einde in verbinding staat met de ruimte tussen leiding en huis, in welke ruimte zich het absorberende/desorberende materiaal bevindt. Deze uitvoeringsvorm heeft als voordeel dat geen vast materiaal in de onderliggende verdamperruimte kan komen.

Het andere einde van de leiding is voorzien van een klep, die via een zich buiten het huis bevindende magneet bedienbaar is. Voor de bediening van de klep behoeven nu in het huis geen doorboringen te zijn aangebracht, zodat ook hierbij de gasdichtheid van het huis verzekerd is.

20

Volgens een tweede uitvoeringsvorm bevindt de warmteaccumulator zich in een apart gasdicht huis dat via een dampleiding verbonden is met de bovenzijde van de houder. De vorm waarbij het huis pijpvormig is en inwendig een concentrische buis bezit die uitmondt in het uitwendige, waarbij zich verder tussen de buizen een ringvormige ruimte ter opname van het absorberende en desorberende materiaal bevindt en waarbij ten

25 slotte de buitenste buis uitwendig en de binnenste buis inwendig zijn voorzien van warmtewisselaars, biedt het voordeel dat een aanzienlijke warmtewisselingscapaciteit wordt verkregen.

30

Volgens een derde uitvoeringsvariant is de warmteaccumulator via een tweede dampleiding verbonden met een aparte condensator, welke aparte condensator door middel van een vloeistofleiding is verbonden met de houder danwel met het reservoir. De bij het laden van het systeem uit de warmteaccumulator ontwijkende damp wordt via de tweede dampleiding overgebracht naar de condensator en condenseert daar. Vanuit de condensator wordt de

35

vloeistof toegevoerd aan de verdamper. Teneinde afwisselend het systeem te kunnen laden en ontladen zijn de dampleidingen elk met een eigen klep aangesloten op de warmteaccumulator. Bij het laden van het systeem is de klep van de dampleiding voor de condensor open en die voor de verdamper gesloten, en bij het ontladen van het systeem omgekeerd.

Het openen en sluiten van de kleppen kan geheel automatisch, afhankelijk van de in het systeem optredende drukken geregeld worden wanneer elke klep een veerbelaste klep is, waarvan de richting van de veerbelasting tegengesteld is aan de dampstromingsrichting.

In een vierde uitvoeringsvorm zijn er twee warmteaccumulatoren die parallel zijn geschakeld met twee dampleidingen waarvan één is aangesloten op de condensor en de andere op de verdamper. Wanneer de met de warmteaccumulatoren samenwerkende warmtewisselaars gekoppeld bedienbaar zijn, zodat afwisselend één warmteaccumulator wordt gekoeld en de andere wordt verwarmd, kan een continue werking van de verdamper verkregen worden. In dat geval kan deze inrichting een continue koeling leveren.

Indien het energiesysteem bij lage temperatuur wordt toegepast, verdient het gebruik van bijvoorbeeld ammoniak als warmtetransporterende stof de voorkeur. De vervaardiging van het vat en de accumulator kan dan op dezelfde wijze plaatsvinden, echter wordt bij het drogen het kristalwater van het natriumsulfide geheel verwijderd, zonodig bij een temperatuur boven 100°C, zodat geen verwijderbaar kristalwater meer aanwezig is. Het systeem wordt vervolgens gevuld met een voldoende hoeveelheid ammoniak. Omdat bij toepassing van ammoniak hogere drukken kunnen optreden, kan het nodig zijn de constructie van het systeem te versterken, bijvoorbeeld door het aanbrengen van verstevigingribben rond de cilinder.

Lagere temperaturen kunnen ook worden bereikt door toevoeging van een vriespunt verlagende stof, zoals natriumchloride, aan de verdampingsvloeistof in de verdamper/condensor.

De warmteaccumulator volgens de uitvinding kan voor diverse toepassingen worden gebruikt. Een accumulator met water als warmte transporterende stof kan worden gebruikt voor het tijdelijk opslaan van afvalwarmte of op andere wijze verkregen warmte met een temperatuur van bijvoorbeeld 60-140°C. De warmte wordt toegevoerd aan de vastestofcontainer, waardoor de warmteaccumulator wordt opgeladen. Het systeem kan vervolgens weer worden ontladen, waarbij warmte op hetzelfde of een lager of hoger temperatuurniveau wordt teruggewonnen. Dit niveau is vooral afhankelijk van de temperatuur waarop het verdampergedeelte wordt gehouden.

9102072

Door de vaste-stofcontainer tijdens het ontladen te koelen, bijvoorbeeld op 20°C, kan aan de verdamperzijde koeling worden bereikt op een niveau beneden de omgevingstemperatuur, bijvoorbeeld bij 0-4°C of lager. Bij een dergelijk systeem kan de temperatuur aan de verdamperzijde worden geregeld door het regelen van de temperatuur (of beter van de mate van koeling) aan de vaste-stofzijde afhankelijk van de temperatuur aan de verdamperzijde.

De uitvinding wordt hieronder nader toegelicht aan de hand van bijgaande tekeningen.

Fig. 1 toont een uitvoeringsvorm van een energiesysteem voorzien van een warmteaccumulator volgens de uitvinding.

Fig. 2 toont een tweede uitvoeringsvorm.

Fig. 3 toont een derde uitvoeringsvorm.

Fig. 4 toont een andere uitvoeringsvorm van een energiesysteem volgens de uitvinding.

Fig. 5 toont een gedeelte van een warmteaccumulator volgens fig. 4.

Het in figuur 1 afgebeelde energiesysteem bezit een pijpvormig huis 1, bevattende een container 2 voor absorberend en desorberend materiaal (warmte-accumulator) alsmede een houder 3 bevattende verdamper-/condensorinrichting. Container 2 en inrichting 3 zijn van elkaar gescheiden door een schot 4. Het gedeelte boven het schot 4 is het vaste-stofgedeelte (de "warme" zijde) van het energiesysteem (de warmteaccumulator) en het gedeelte onder het schot 4 is het verdamper/condensorgedeelte (de "koude" zijde) van het energiesysteem. Tussen de warme en de koude zijde kan een onderbreking van een relatief slecht warmtegeleidend materiaal in de buis zijn aangebracht, zodat warmteoverdracht van het warme gedeelte naar het koude gedeelte wordt beperkt.

In container 2 bevindt zich een oppervlakte vergrotende en warmte geleidende structuur in de vorm van een spiraalsgewijs aangebrachte rechthoekige wikkeling 42 van metaaldraad.

Op het schot 4 is een leiding 5 aangesloten. Via klep 6 biedt de leiding 5 een verbinding tussen container 2 en houder 3. Zowel container 2 als houder 3 zijn voorzien van (niet getoonde) bekende warmtewisselaars.

Houder 3 is inwendig voorzien van een capillairstructuur in de vorm van een gaas 7, aangebracht op de binnenwand van houder 3. Houder 3 kan

ook voorzien zijn van steunelementen 8 die eveneens zijn bekleed met gaas 7. Het gaas 7 strekt zich tot boven en onder de vloeistofspiegel 9 uit. De houder kan bijvoorbeeld een diameter van 150 mm en een hoogte van 500 mm bezitten.

5 Via leiding 10 is houder 3 verbonden met een reservoir 11, waarin zich eveneens vloeistof kan bevinden. Door middel van dit reservoir 11 kunnen de niveauschommelingen van de vloeistofspiegel 9 bij gebruik van het systeem onder controle gehouden worden. Dit betekent dat steeds een belangrijk gedeelte van het gaas boven de waterspiegel kan worden gehou-
10 den, hetgeen gunstig is voor een vlot verloop van de verdamping resp. condensatie. Om ook bij een verhoudingsgewijs grote hoeveelheid vloeistof de niveauschommelingen beperkt te houden is de doorsnede van het reser-
voir evenwijdig aan de horizontaal zo groot mogelijk gekozen. Het reser-
voir kan bijvoorbeeld zijn uitgevoerd als een liggende koperen buis met
15 een diameter van 100 mm en een lengte van 400 mm.

Door middel van leiding 12 met klep 13 kunnen de bovenkant van houder 3 en reservoir 11 met elkaar in verbinding zijn gebracht. Het reservoir kan in geladen toestand van het systeem een groot deel van het sorbaat bevatten, bijvoorbeeld 20 tot 80%.

20 Klep 6 kan bediend worden door middel van een magneet 14 die zich buiten het huis 1 bevindt. Aldus kan de gasdichtheid van het huis 1 be-
waard blijven. De klep 6 kan eventueel onder een hoek geplaatst worden teneinde het openen door middel van de magneet te bevorderen.

Bij de in figuur 2 weergegeven alternatieve uitvoeringsvorm zijn de
25 container 14 van de warmteaccumulator en de houder 15 van de verdamper/-
condensorinrichting naast elkaar geplaatst en verbonden door een leiding
16. Deze uitvoering is weliswaar minder compact, doch heeft als voordeel
dat bij de warmteaccumulator een intensievere warmtewisseling verkregen
kan worden. Dit wordt bereikt wanneer zowel aan de buitenzijde als aan de
30 binnenzijde van de container 14 een warmtewisselaar 17 resp. 18 aange-
bracht wordt. Overigens is de houder 15 voorzien van een warmtewisselaar
19, terwijl hij ook verbonden is met het al beschreven reservoir 20.

De in figuur 3 weergegeven derde uitvoeringsvorm toont een ener-
giesysteem waarbij twee warmteaccumulatoren volgens de uitvinding 21 en
35 22 zijn toegepast. De warmteaccumulatoren 21 en 22 zijn parallel gescha-
keld. Via dampleiding 23 zijn zij beide verbonden met een condensor-
inrichting 24. Via een dampleiding 25 zijn zij verbonden met een verdam-
per/condensorinrichting 26. Elke warmteaccumulator is voorzien van een

absorberend en desorberend materiaal 27, terwijl de leidingen 23, 25 door middel van veerbelaste kleppen 28, 29 respectievelijk 30, 31 verbonden zijn met de ruimte waarin zich het materiaal 27 bevindt.

De warmteaccumulators 21, 22 zijn beide voorzien van warmtewisselaars 32, 33 met een pijpstelsel 34 respectievelijk 35. Beide pijpstelsels 34, 35 zijn door vierwegkleppen 36, 37 op elkaar aansluitbaar.

In de in figuur 3 weergegeven toestand wordt de warmteaccumulator 22 verwarmd, dat wil zeggen dat hij geladen wordt, terwijl de warmteaccumulator 21 gekoeld wordt, dat wil zeggen dat deze ontladen wordt. De bij het koelen van warmteaccumulator 21 vrijkomende warmte wordt afgegeven bij een warmtewisselaar 41. De bij het laden van warmteaccumulator 22 vrijkomende damp leidt tot een drukverhoging in de ruimte waarin zich het absorberende en desorberende materiaal bevindt, waardoor klep 31 wordt dichtgedrukt en klep 29 wordt opengedrukt. De damp stroomt vervolgens door de dampleiding 23 naar condensor 24 en condenseert daar. Het condensaat 38 stroomt vervolgens naar het reservoir 39, dat op zijn beurt weer in verbinding staat met de verdamper/condensorinrichting 26. Aldaar wordt de vloeistof weer verdampt, en de damp via leiding 25 toegevoerd aan de warmteaccumulator 21. Door verdampen in de verdamper-condensorinrichting 26 is verzekerd dat steeds een bepaalde druk heerst in leiding 25. In combinatie met de onderdruk opgewekt in warmteaccumulator 21 ten gevolge van het ontladen daarvan, waarbij de damp wordt opgenomen in het absorberende en desorberende materiaal en in de ruimte waarin zich dat materiaal bevindt een drukverlaging optreedt, wordt klep 30 opengedrukt. Daardoor kan steeds nieuwe damp in de warmteaccumulator 21 binnentreden. Dit gaat zo lang door totdat de warmteaccumulator 21 ontladen is.

Ongeveer op hetzelfde tijdstip dat de warmteaccumulator 22 geladen is, is de warmteaccumulator 21 min of meer ontladen. Dit betekent dat verder geen damp opgenomen kan worden in de warmteaccumulator 21, zodat in die ruimte de druk gelijk wordt aan die in leiding 25. Daarop sluit de veerklep 30 en gaat de veerklep 28 open door de toegenomen druk in de ruimte van de warmteaccumulator 21 en de relatief lage druk in de dampleiding 23 ten gevolge van het condenseren in condensor 24. Daarbij worden de vierwegkleppen 36, 37 omgeschakeld, zodat nu warmteaccumulator 22 gekoeld gaat worden en de warmteaccumulator 21 verwarmd gaat worden. Tijdens dit hele proces treedt er dus afwisselend verwarmen en koelen van de warmteaccumulators op, terwijl een continue dampstroming door de leidingen 23, 25 optreedt. Verder heeft in de condensor 24 continue conden-

satie plaats, terwijl in de verdamper/condensorinrichting 26 continue verdamping optreedt. Vanuit een externe bron wordt warmteaccumulator 22 verwarmd met een vloeistof op een temperatuur van 95°C.

Het in figuur 4 in dwarsdoorsnede afgebeelde energiesysteem bezit
5 een pijpvormig huis 43, dat door een inwendige buis 44 en een warmte-
isolerend schot 45 is verdeeld in een accumulatorgedeelte 46 en een
verdamer/condensorgedeelte 47. De twee gedeelten 46 en 47 staan door
middel van een membraanklep 48 met elkaar in verbinding. In het accumu-
latorgedeelte 46 bevindt zich een gespiraliseerde warmtewisselaarbus 49
10 waarvan de toevoer 50 en de afvoer 51 door de wand van het vat zijn
geleid. Op de warmtewisselaarbus 49 zijn radiale uitsteeksels 52 aange-
bracht. Tussen de uitsteeksels bevindt zich een mengsel van cellulose en
grafiet 53, waaraan natriumsulfide is geabsorbeerd. Het verdamer/conden-
sorgedeelte 47 is voorzien van een warmtewisselaarmantel 54 met een toe-
voer 55 en een afvoer 56.
15

Figuur 5 geeft een gedeelte van het systeem volgens figuur 4 weer.
In figuur 5 is een doorsnede van de warmtewisselaarbus 49 afgebeeld. De
buis 49 omsluit een ruimte 57 voor het warmteoverdrachtsmedium. Op de
buis bevinden zich metalen uitsteeksels 52. Tijdens de vervaardiging
worden in de langsrichting van de buis tussen de uitsteeksels 52 kunst-
stof stroken 58 geplaatst, waarna de overblijvende ruimte tussen de uit-
steeksels wordt gevuld met cellulose/grafietmengsel 53. Na verwijderen
20 van de stroken 58 blijven groeven 59 over waardoor uitzettingen van de
massa 53 kunnen worden opgevangen.

25 Voorbeeld I.

Op een koperen buis met een diameter van 15 mm en een lengte van
1,2 m werden koperen haren met een lengte van 10 mm radiaal uitstekend
gesoldeerd met een bezetting van ongeveer 20 haren per cm². Vervolgens
werd in de ruimte tussen de haren ongeveer 100 g van een mengsel van
30 droog cellulosestof met een vezellengte per fibril van 0,1 tot 1 mm en
grafiet met een deeltjesgrootte van gemiddeld 10 µm in een gewichtsver-
houding van 50/50 aangebracht. Vervolgens werd om de buis met cellulose/-
grafietmengsel een geweven katoenen omhulsel aangebracht om het cellu-
lose/grafietmengsel op zijn plaats te houden.

35 De buis voorzien van cellulose/grafietmengsel werd daarna in een
spiraalvorm gebogen en in een cilindrisch koperen vat met een diameter
van 175 mm gebracht. Het koperen vat had een concentrische centrale buis

met een diameter van 25 mm, waarbij de ruimte tussen de binnenbuis en de buitenbuis aan een zijde met een schijf was afgesloten. Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 4.

5 De uiteinden van de spiraalvormige buis, welke uiteinden vrij van cellulose/grafietmengsel waren, werden door de vatwand geleid. Het vat werd gesloten en via een vulpijpje werd vloeibaar natriumsulfide (40%) in het vat gegoten. Na enige tijd werd de overblijvende vloeistof uit het vat afgetapt waarbij bleek dat ongeveer 1000 g natriumsulfide 40% aan de cellulose was geabsorbeerd.

10 Het vat was nu geschikt voor gebruik als warmteaccumulator, waarbij de spiraalvormige buis dienst doet als warmtewisselaar, de centrale concentrische buis, die voorzien is van een membraanklep, dient voor de aan- en afvoer van waterdamp en het natriumsulfide de waterdamp absorbeert en desorbeert.

15 Voorbeeld II.

20 Een koperen buis werd op de in voorbeeld I beschreven wijze voorzien van koperen haren. In axiale richting werden nu tussen de haren enkele kunststofstroken met een breedte van 10 mm en een breedte van 4 mm en met dezelfde lengte als de koperen buis aangebracht. Een 50/50 mengsel van cellulose en grafiet volgens voorbeeld I werd nu met water tot een homogene massa aangemaakt, welke massa vervolgens rondom de koperen buis tussen de haren werd aangebracht. De cellulosemassa werd vervolgens gedroogd, waardoor een papier-maché-achtige poreuse structuur werd verkregen. Vervolgens werden de kunststofstroken verwijderd waardoor een niet met cellulose en grafiet gevulde groef overbleef. De aldus beklede koperen buis werd gevormd en als warmtewisselaar in een koperen vat gebracht en met natriumsulfide behandeld, zoals beschreven in voorbeeld I.

30 Aldus werd een warmteaccumulator met een goede absorptie en desorptie van damp als gevolg van een goede porositeit verkregen.

CONCLUSIES

1. Warmteaccumulator bestaande uit een vat met een ten minste gedeeltelijk warmtegeleidende wand, welk vat een materiaal bevat dat een warmte transporterende stof exotherm absorbeert en endotherm desorbeert, met het kenmerk, dat het absorberende en desorberende materiaal aan de wand van het vat gehecht is door middel van een vezelachtig materiaal.
2. Warmteaccumulator volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het vezelachtige materiaal cellulose of een cellulosederivaat omvat.
3. Warmteaccumulator volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het vezelachtige materiaal een geleidende stof zoals grafiet of siliciumcarbide bevat.
4. Warmteaccumulator volgens een der conclusies 1-3, met het kenmerk, dat het absorberende en desorberende materiaal natriumsulfide omvat.
5. Warmteaccumulator volgens een der conclusies 1-4, met het kenmerk, dat het vezelachtige materiaal is gehecht op oppervlakte vergrotende, warmte-geleidende uitsteeksels aan de wand.
6. Warmteaccumulator volgens een der conclusies 1-5, met kenmerk, dat het vat twee hoofdzakelijk vertikaal geplaatste, concentrische buizen omvat, waarbij de onderzijde van de ruimte tussen de twee buizen is afgesloten en de binnenste buis dient voor de toevoer en afvoer van de warmte transporterende stof en is voorzien van een klep, en het vezelachtige materiaal met daaraan het absorberende en desorberende materiaal zich in de ruimte tussen de twee buizen bevindt.
7. Warmteaccumulator volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat zich in de ruimte tussen de twee buizen een warmtewisselaar bevindt, waaraan het vezelachtige materiaal is gehecht.
8. Warmteaccumulator volgens een der conclusies 1-6, met het kenmerk, dat het vat uitwendig is voorzien van een warmtewisselaar.
9. Werkwijze voor het vervaardigen van een warmteaccumulator met een ten minste gedeeltelijk warmtegeleidende wand, welke een materiaal bevat dat een warmte transporterende stof exotherm absorbeert en endotherm desorbeert, met het kenmerk, dat men op de binnenwand van een afsluitbaar vat een vezelachtig materiaal aanbrengt en vervolgens het absorberende en desorberende materiaal in gesmolten en/of gehydrateerde toestand in contact brengt met het vezelachtige materiaal.
10. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat men het vezelachtige materiaal in natte toestand aanbrengt en het vervolgens droogt.

9102072

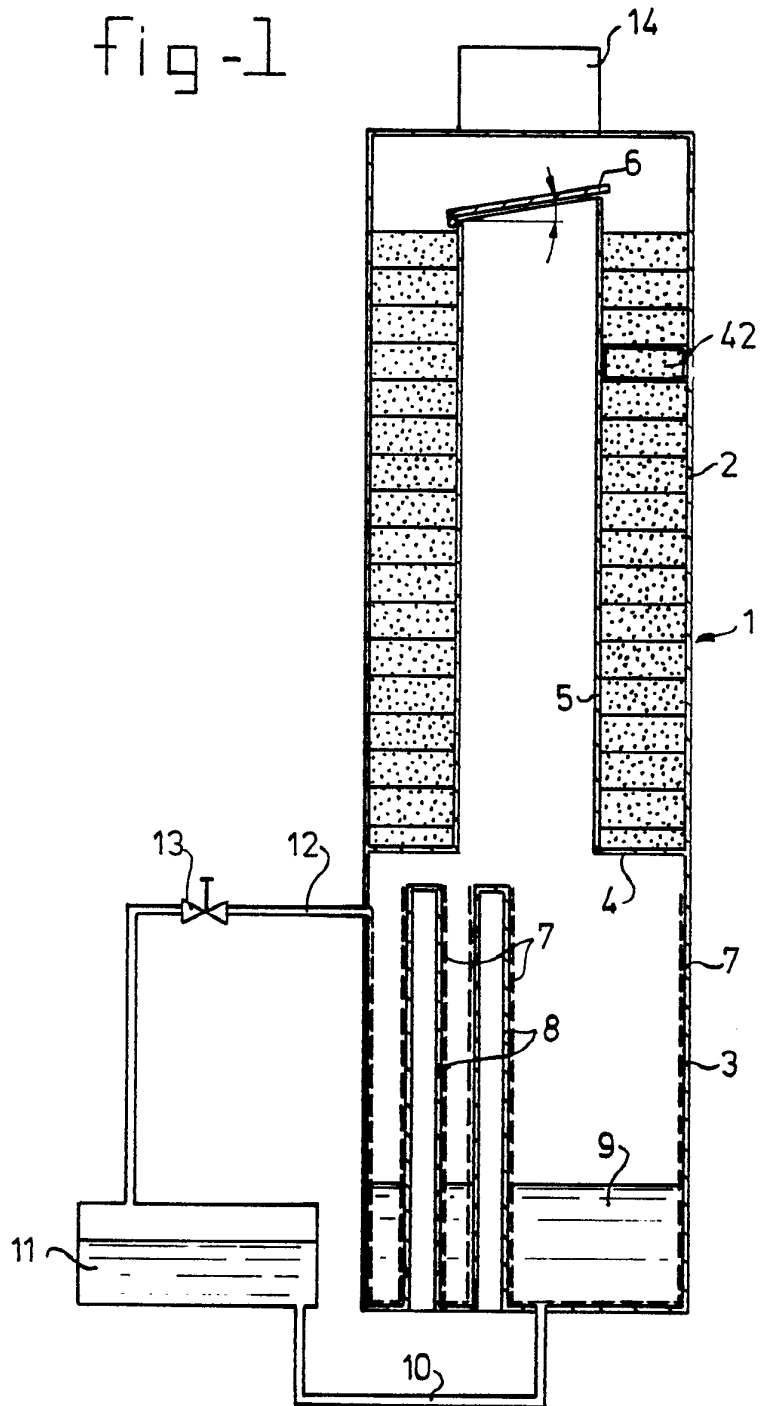
11. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat men het vezelachtige materiaal in droge toestand in het vat brengt.
12. Werkwijze volgens een der conclusies 9-11, met het kenmerk, dat het vezelachtige materiaal cellulose of een cellulosederivaat omvat.
- 5 13. Werkwijze volgens een der conclusies 9-12, met het kenmerk, dat men aan het vezelachtige materiaal een warmte geleidende stof zoals grafiet toevoegt.
14. Werkwijze volgens een der conclusies 9-13, met het kenmerk dat het absorberende en desorberende materiaal natriumsulfide omvat.
- 10 15. Werkwijze volgens een der conclusies 9-14, met het kenmerk, dat men de binnenwand voor het aanbrengen van het vezelachtige materiaal van oppervlakte vergrotende, warmtegeleidende uitsteeksels voorziet.
16. Werkwijze volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat men tijdens het aanbrengen van het vezelachtige materiaal een of meer zich tussen de
- 15 uitsteeksels uitstrekkende vullichamen houdt.
17. Werkwijze volgens een der conclusies 11-16, met het kenmerk, dat men, nadat men het vezelachtige materiaal heeft aangebracht, het vezelachtige materiaal bevochtigt en vervolgens droogt.
18. Werkwijze volgens een der conclusies 9-17, met het kenmerk, dat
- 20 men tijdens het aanbrengen van het absorberende en desorberende materiaal onder uitsluiting van zuurstof werkt.
19. Energiesysteem, omvattende een warmteaccumulator met een warmte transporterende stof die zowel in de vloeistoffase als in de dampfase kan verkeren, en een met de warmteaccumulator via een afsluitbare dampleiding
- 25 verbonden verdamper en condensor voor het verdampen resp. condenseren van de warmte transporterende stof, met het kenmerk, dat het systeem een warmte-accumulator volgens een der conclusies 1-8 of vervaardigd volgens een der conclusies 9-18 omvat.
20. Energiesysteem volgens conclusie 19, waarbij de warmte-accumulator
- 30 en de verdamper/condensor een gemeenschappelijk gasdicht huis bezitten waarvan het onderste gedeelte de verdamper/condensor en het bovenste gedeelte de warmteaccumulator is en waarbij de warmteaccumulator en de verdamper/condensor via een tussenstuk van warmte isolerend materiaal met elkaar zijn verbonden.
- 35 21. Energiesysteem volgens conclusie 19, waarbij de verdamper en de condensor afzonderlijk zijn en ieder via een afsluitbare dampleiding zijn verbonden met de warmteaccumulator en onderling via een vloeistofleiding zijn verbonden.

9102072

22. Energiesysteem volgens conclusie 21, waarbij de warmteaccumulator met afsluitbare dampleidingen voor continu gebruik dubbel is uitgevoerd.
23. Energiesysteem volgens een der conclusies 18-22, waarbij de warmte transporterende stof water, methanol of ammoniak is.

9102072

fig -1



9162072

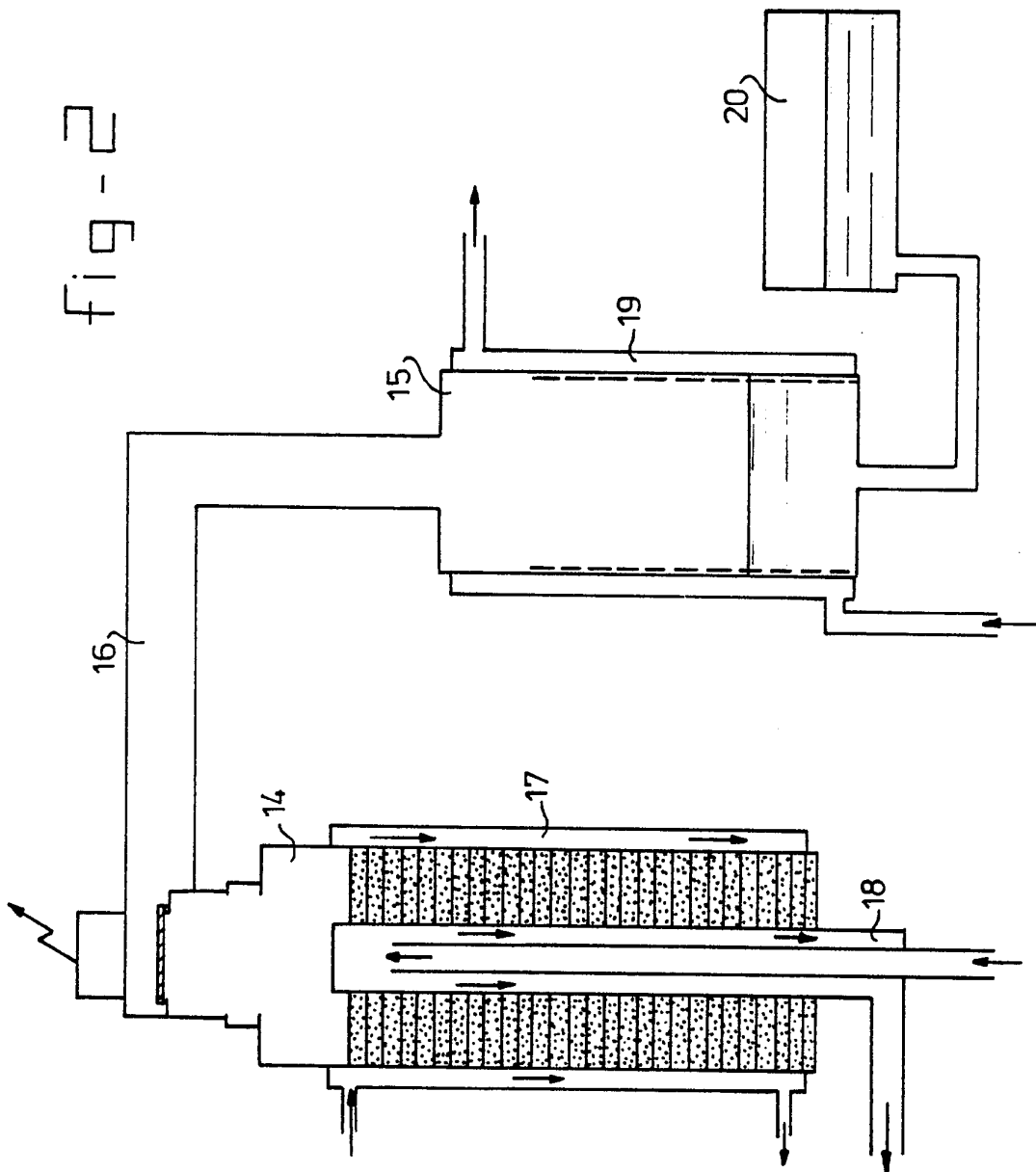
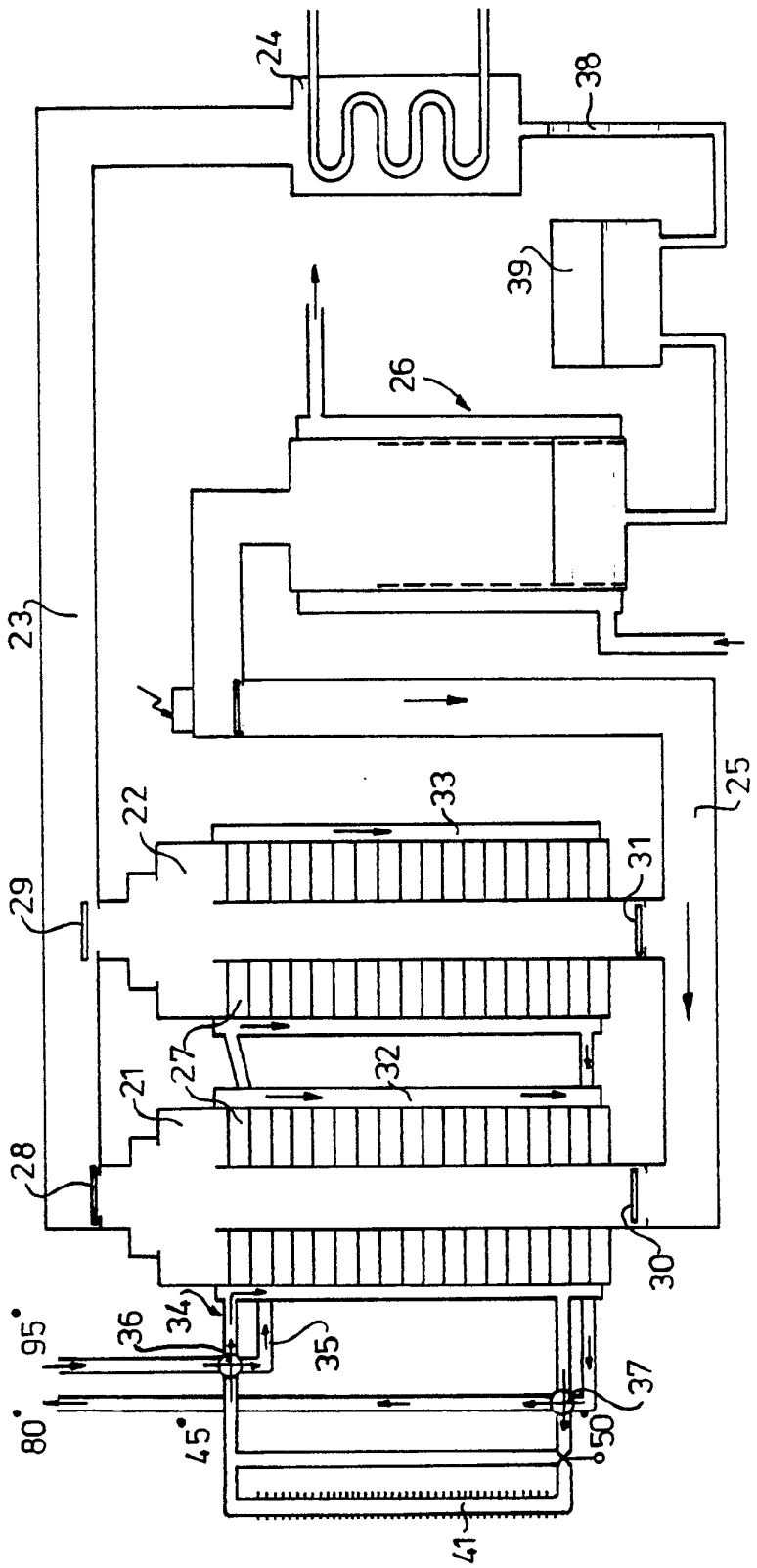


fig - 2

9 1 9 2 0 7 2

fig - 3.



9 1 0 2 6 7 2

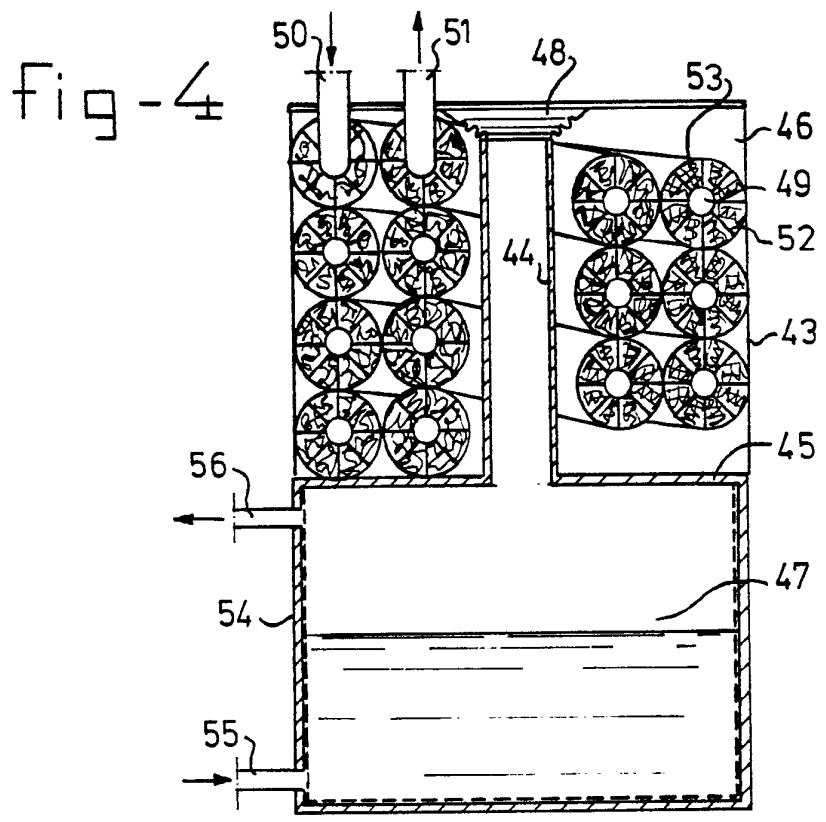


fig-5

