



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.09.2008 Patentblatt 2008/37

(51) Int Cl.:
F25B 17/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08001474.9**

(22) Anmeldetag: **26.01.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **30.11.2007 DE 102007057748**
05.03.2007 DE 102007010981

(71) Anmelder: **ZEO-TECH**
Zeolith Technologie GmbH
85716 Unterschleissheim (DE)

(72) Erfinder:
• **Maier-Laxhuber, Peter, Dr.**
85276 Pfaffenhofen (DE)
• **Schmidt, Ralf, Dr.**
85354 Freising (DE)
• **Wörz, Reiner, Dipl.-Ing.**
85293 Reichertshausen (DE)
• **Becky, Andreas**
85521 Ottobrunn (DE)
• **Richter, Gerd**
02906 Klitten (OT Tauer) (DE)
• **Weinzierl, Norbert**
85354 Freising (DE)
• **Binnen, Manfred**
80933 München (DE)

(54) **Sorptions-Kühlelement mit Regelorgan und zusätzlicher Wärmequelle**

(57) Kühlelement mit einem Sorptionsmittel (1), das unter Vakuum ein dampfförmiges Arbeitsmittel sorbieren kann, das von einem flüssigen Arbeitsmittel in einem Verdampfer (2) abdampft und mit einem Regelorgan (3) in einem Arbeitsmitteldampfkana (4) zwischen Sorptionsmittel (1) und Verdampfer (2), wobei das gesamte Kühlelement von einer gasdichten Mehrschicht-Folie (7) hermetisch umhüllt ist, die Mehrschicht-Folie (7) flexibel gestaltet ist und unter Unterdruck so das Regelorgan (3), den Arbeitsmitteldampfkana (4) und den Verdampfer (2) umschließt, dass Verdampfer (2) und Arbeitsmitteldampfkana (4) flexibel bleiben und der Arbeitsmitteldampf nur über das Regelorgan (3) zum Sorptionsmittel strömen kann.

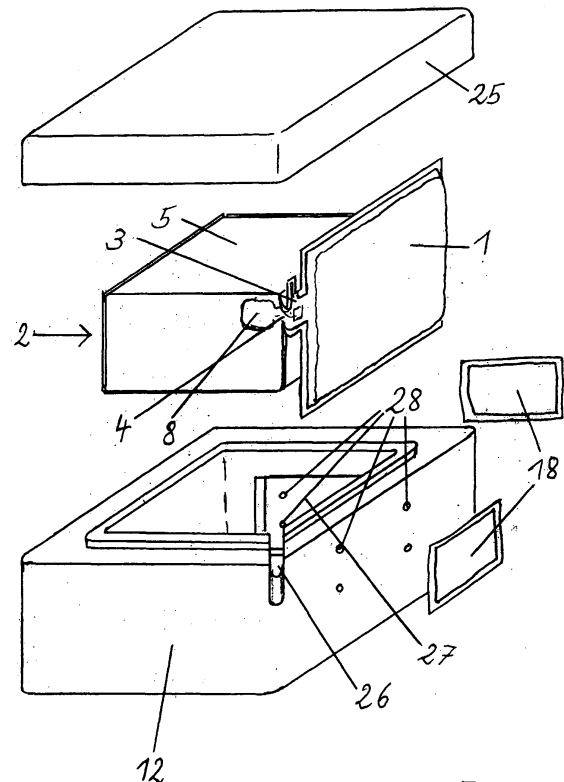


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sorptions-Kühlelement mit einem Regelorgan und mit einer gasdichten Mehrschicht-Folie zum Kühlen bei welchem durch Verdampfung eines Arbeitsmittels und anschließender Sorption des Arbeitsmitteldampfes in einem Sorptionsmittel unter Vakuum Kälte erzeugt wird. Der Verdampfer ist dabei flexibel aufgebaut, um an diverse Kühlaufgaben angepasst werden zu können.

[0002] Sorptions-Kühlelemente sind Apparate, in denen ein festes Adsorptionsmittel ein zweites, bei tieferen Temperaturen siedendes Mittel, das Arbeitsmittel, dampfförmig unter Wärmedesorption sorbiert (Sorptionphase). Das Arbeitsmittel verdampft dabei in einem Verdampfer unter Wärmeaufnahme. Nachdem das Adsorptionsmittel gesättigt ist, kann es durch Wärmezufuhr bei höherer Temperatur wieder desorbiert werden (Desorptionphase). Dabei dampft Arbeitsmittel aus dem Adsorptionsmittel ab. Der Arbeitsmitteldampf kann rückverflüssigt werden und anschließend erneut verdampfen.

[0003] Adsorptionsapparate zum Kühlen mit festen Sorptionsmitteln sind aus der EP 0 368 111 und der DE-OS 34 25 419 bekannt. Sorptionsmittelbehälter, gefüllt mit Sorptionsmitteln, saugen dabei Arbeitsmitteldampf, welcher in einem Verdampfer entsteht, ab und sorbieren ihn unter Wärmedesorption. Die Sorptionswärme muss dabei aus dem Sorptionsmittel abgeführt werden. Die Kühlapparate können zum Kühlen und Warmhalten von Lebensmitteln in thermisch isolierten Boxen eingesetzt werden.

[0004] Die WO 01/10738 A1 beschreibt eine selbstkühlende Getränkedose bei der ein Verdampfer innerhalb und ein Sorber außerhalb der Dose angeordnet sind. Die Kühlung wird durch Öffnen eines Dampfkanals zwischen Verdampfer und Sorber gestartet. Die im Verdampfer erzeugte Kälte wird über dessen Oberflächen an das zu kühlende Getränk innerhalb der Dose abgegeben. Die im Sorptionsmittel entstehende Wärme wird in einem Wärmepuffer gespeichert. Die selbstkühlende Getränkedose ist gegenüber einer gewöhnlichen Dose stark modifiziert und in der Herstellung teuer.

[0005] Weitere, mehr theoretische Ausgestaltungen selbstkühlender Gebinde sind in der WO 99/37958 A1 zusammengestellt. Kostengünstig ist keine der Vorrichtungen umzusetzen und zu fertigen.

[0006] Die US 6 474 100 B1 beschreibt schließlich ein selbstkühlendes Kühlelement an der Außenseite eines Beutels für Flüssigkeiten oder Schüttgüter. Das Sorptionsmittel ist dabei in einer flexiblen, mehrlagigen Folie eingeschlossen. Der Kontakt zur heißen Sorptionsfüllung ist durch Isolations- und Strömungsmaterialien sowie durch dazwischenliegende Wärmespeichermassen auf ein Minimum reduziert. Der Temperaturengleich zwischen der heißen Sorberfüllung und dem kalten Verdampfer, die sich großflächig gegenüberliegen, muss durch eine aufwändige Isolierung reduziert werden.

[0007] Die DE 10 2005 034297 A1 beschreibt ein Sorp-

tions-Kühlelement mit gasdichter Folie bei welchem ein Sorptionsmittel in einem gasdichten Sorptionsmittelbeutel eingefüllt ist, der zum Starten der Kühlfunktion mittels Schneidwerkzeug durchtrennt wird. Eine Regelung der Kühlleistung ist damit nicht möglich.

[0008] Aufgabe der Erfindung sind kostengünstige Sorptions-Kühlelemente zur einmaligen Verwendung bei welchen die Kühlung regelbar ist.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 24. Die abhängigen Ansprüche zeigen weitere erfinderische Kühlelemente auf.

[0010] Erfindungsgemäß werden die Einzelkomponenten eines Kühlelementes in eine gasdichte, flexible Mehrschicht-Folie unter Vakuum so eingesiegelt, dass der aus dem flüssigen Arbeitsmittel abströmende Arbeitsmitteldampf nur durch den Arbeitsmitteldampfkanal und das Regelorgan zum Sorptionsmittel strömen kann. Die durch den äußeren Luftdruck erzeugten Verformungskräfte müssen ausreichen, die Mehrschicht-Folie so um die Einzelkomponenten zu schmiegen, dass für den Arbeitsmitteldampf kein Seitenweg offen bleibt, das Regelorgan zu umgehen. Die Einzelkomponenten müssen somit nicht miteinander gasdicht verbunden werden. Sie sind lediglich in einen aus der Mehrschicht-Folie hergestellten Beutel einzulegen und solange zu fixieren bis sich der Beutel unter Vakuum fest um die Komponenten legt und lediglich der Arbeitsmitteldampfkanal offen bleibt.

[0011] Erfindungsgemäß kann das Regelorgan leicht durch Verformen der Mehrschicht-Folie geöffnet und verschlossen werden. Aufwändige Vakuumdurchführungen sind deshalb nicht notwendig.

Besonders vorteilhaft kann das Regelorgan aus einem Ventilsitz und einer darauf abgestimmten Dichtfläche gebildet werden. Über einen Hebelmechanismus kann durch die Mehrschicht-Folie hindurch das Regelorgan geöffnet und geschlossen und falls erforderlich auch zur Leistungsregelung eingesetzt werden.

Um die Dichtfläche auf den Ventilsitz zu pressen sind keine weiteren Federelemente notwendig, wenn die flexible Folie so auf der Dichtfläche anliegt, dass der äußere Luftdruck geeignet auf das Ventil einwirken kann.

[0012] Vorteilhaft ist es für die Arbeitsmitteldampfkanäle Schläuche einzusetzen, die zwar dem äußeren Überdruck standhalten, nicht aber einem zusätzlichen Druck, z.B. erzeugt von einem Quetschwerkzeug, das von außen auf die Mehrschicht-Folie einwirkt und den Schlauch so stark quetscht, dass der Strömungsweg blockiert wird.

Ein weiteres sehr kostengünstiges Regelorgan wird dann gebildet, wenn das Sorptionsmittel innerhalb eines separaten Beutels eingesiegelt ist. Wird dieser Beutel an der Kontaktstelle zum Arbeitsmitteldampfkanal mittels scharfkantigem Schneidwerkzeug durchstoßen, ist ebenfalls das Regelorgan geöffnet. Das Schneidwerkzeug kann selbstverständlich auch zwischen Mehrschicht-Folie und separatem Beutel eingelegt sein. Für

die Auslösung muss dann die äußere Folie an der betreffenden Stelle verformbar sein ohne selbst undicht zu werden.

[0013] Das Regelorgan kann neben dem eigentlichen Verschlusselement auch um ein Thermostatventil erweitert sein. Mit Hilfe des Thermostatventils kann die Temperatur des Verdampfers auf einer Regeltemperatur gehalten werden. Bei höheren Temperaturen gibt das Thermostatventil den Weg des Arbeitsmitteldampfes zum Sorptionsmittel frei, bei zu tiefen Temperaturen verschließt das Thermostatventil den Weg.

Als Thermostat eignen sich alle bekannten Elemente, die bei einer Temperaturänderung eine Wegänderung nach sich ziehen. Am bekanntesten sind hier Dehnkörper und Bi-Metalle. Auch Memory-Legierungen können vorteilhaft eingesetzt werden. Besonders kostengünstig lassen sich Spiralen aus Bi-Metall für das Regelorgan verwenden. Hiermit sind Temperaturschwankungen von weniger als 0,1 Kelvin erreichbar.

[0014] Durch den Einbau eines Thermostatventils können die Kühlelemente besonders vorteilhaft zur temperaturgeführten Kühlung von Transport-Isolationsbehältern eingesetzt werden. Isolierte Transportbehälter dienen z.B. zum Versand temperaturempfindlicher Lebensmittel oder pharmazeutischer Waren zwischen +2 und +8 °C. Mit erfindungsgemäßen Kühlelementen ausgerüstete, isolierte Transportbehälter sind über einen beliebig langen Zeitraum lagerfähig. Zum Starten der Kühlfunktion muss lediglich das Regelorgan geöffnet und das zu kühlende Produkt in den Innenraum gepackt werden. Das Thermostatventil regelt daraufhin den Innenraum in einem engen Temperaturfenster, unabhängig von der gerade herrschenden Außentemperatur über mehrere Tage. Da auch der Isolationsbehälter aus preiswertem Material (z.B. Polystyrol) hergestellt sein kann, kann auf einen oftmals teuren Rücktransport verzichtet werden.

[0015] Erfindungsgemäß können alle Innenwände eines Isolierbehälters mit Verdampferflächen belegt werden. Die Innenraumtemperatur ist dann auch bei stark schwankenden Außentemperaturen sehr homogen. Da der Verdampfer erfindungsgemäß flexibel aufgebaut ist, kann zumindest ein Verdampferbereich klappbar gestaltet sein. Dieser Bereich kann bei Bedarf aufgeklappt werden und den vollen Zugriff auf das Innenvolumen gewährleisten.

[0016] Unter Vakuum müssen alle Strömungskanäle zum Sorptionsmittel erhalten bleiben. Hierfür sind Abstandshalter vorgesehen, die den Arbeitsmitteldampf von der flüssigen Arbeitsmittelmenge ungehindert abströmen lassen und zugleich die kalten Flächen gut wärmeleitend mit der Folie kontaktieren.

Erfindungsgemäß werden hierfür flexible Abstandshalter aus Kunststoff eingesetzt, die der jeweiligen Kühlaufgabe angepasst sind. Voraussetzung ist allerdings, dass die Kunststoff-Abstandshalter während der Lagerzeit nicht ausgasen und das Vakuum verschlechtern. Von Vorteil ist, wenn als Kunststoff Polycarbonat, Polyamid oder Polypropylen zum Einsatz kommen, da diese Werk-

stoffe vor bzw. während des Fertigungsprozesses auf höhere Temperaturen erhitzt und entgast werden können.

Abstandshalter aus Kunststoff können nach bekannten Fertigungsverfahren wie Tiefziehen, Extrudieren oder Thermoblasen kostengünstig hergestellt werden. Vorteilhafter Weise ist bei dem Herstellprozess darauf Wert zulegen, dass keine später ausgasenden Stoffe wie etwa Weichmacher zugesetzt werden.

[0017] Bei den heute in Gebrauch befindlichen Thermotransportbehältern wird das Transportgut mittels Eisakkus gekühlt, die innerhalb des Behälters angeordnet sein müssen. Da diese Eisakkus ein Vielfaches des Volumens eines erfindungsgemäßen Verdampfers einnehmen, wird einerseits das Innenvolumen deutlich verkleinert, oder andererseits ein größerer Isolierbehälter notwendig. Größere Behälter haben wiederum mehr Außenflächen über die mehr Wärme in den Innenraum einfließt, die wiederum über größere Eisakkus gepuffert werden muss.

[0018] Die Anwendungsbereiche sind aber nicht auf isolierte Behältnisse beschränkt. Prinzipiell kann jeder Gegenstand mit erfindungsgemäßen Kühlelementen ausgestattet werden. Vorteilhaft ist z.B. die Kühlung von Zelten, bei welchen sogar ganze Zeltwände durch erfindungsgemäße Kühlelemente ersetzt werden können. Die Kühlung von Patienten oder Verletzten in heißer Umgebung oder zur Reduzierung der Körpertemperatur ist ebenso möglich wie eine Nutzung als Kühlweste, Kühlanzug oder Atemkühler.

Prinzipiell wird der Einsatzort überall dort zu finden sein, wo heute Kühl-Akkus bzw. Eis-Akkus eingesetzt werden. Die erfindungsgemäßen Kühlelemente sind gegenüber den Kühl- und Eis-Akkus beliebig lange lagerfähig und der zu kühlenden Aufgabe anpassbar, da der Verdampfer flexibel gestaltet ist.

[0019] Sorptionsmittel können beim Sorptionsprozess Temperaturen von über 100 °C erreichen. Für derartig hohe Temperaturen sind die auf dem Verpackungssektor üblicherweise eingesetzten Mehrschicht-Folien nicht immer geeignet. Insbesondere die für die Versiegelung verwendeten Polyethylen-Schichten werden bereits bei 80°C weich und lassen die Hülle unter Vakuum undicht werden. Eine Siegelschicht aus Polypropylen kann hingegen deutlich höheren Temperaturen widerstehen. Ihr Schmelzpunkt liegt bei über 150 °C.

[0020] In Kombination mit hohen Temperaturen können scharfe Kanten, Ecken und Spitzen des Sorptionsmittelgranulats in den Folien unzulässige Leckagen hervorrufen. Dieser Gefahr kann durch mindestens eine Polyester- bzw. Polyamidschicht innerhalb der Mehrschicht-Folie begegnet werden. Polyamidfolien sind besonders reiß- und stichfest. Die eigentliche Gasbarriere wird durch eine Lage dünner Metallfolie oder einer metallisierten Schicht sicher gestellt. Bewährt haben sich hierfür dünne Aluminiumfolien mit einer Schichtdicke ab 8 µm. Weniger dicht sind metallisierte Kunststofffolien. Dennoch ist bei kurzen Lagerzeiträumen auch der Ein-

satz dieser metallisierten Folien möglich, zumal sie gegenüber den Metallfolien preiswerter herzustellen sind. Die einzelnen Schichten einer Mehrschicht-Folie sind durch Kleber miteinander verbunden. Übliche Kleber enthalten Lösungsmittel, die beim Verkleben nicht restlos aus der Kleberschicht entfernt werden. Über längere Zeiträume, diffundieren diese Lösungsmittel dann durch die innenliegenden Schichten, und beeinträchtigen das Vakuum innerhalb des Kühlelementes. Die Diffusion wird bei höheren Temperaturen, wie sie beim Sorptions- und Herstellungsprozess der Kühlelemente auftreten, verstärkt. Die zum Einsatz kommenden Kleber müssen deshalb ebenfalls für hohe Temperaturen ausgelegt sein. Vorteilhaft kommen Mehrschicht-Folien mit einer Polyamidschichtdicke von 12 bis 50 μm , einer Aluminiumschichtdicke von 6 bis 12 μm und einer Polypropylen-schichtdicke von 50 bis 100 μm zum Einsatz. Verwendung finden derartige Folien z. B. zur Verpackung von Lebensmitteln, die nach dem Abpacken zur Haltbarmachung bei Temperaturen von über 120 °C sterilisiert werden.

[0021] Erfindungsgemäße Mehrschicht-Folien sind z. B. über die Firma Wipf AG in Volketswil, Schweiz oder der Fa. PAWAG Verpackungen G.m.b.H., Wolfurt, Österreich zu beziehen. Beim Einsatz derartiger Folien sind Kühlelemente mit einer Leckrate von weniger als 1x10 hoch -8 mbarl/sec möglich. Die Lagerfähigkeit erreicht damit mehrere Jahre, ohne dass die Kühlbereitschaft beeinträchtigt wird.

[0022] Das Verschweißen (Versiegeln) von Mehrschicht-Folien zu Beuteln und das Abfüllen von Schüttgut sowie das anschließende Evakuieren sind in der Lebensmittelbranche Stand der Technik.

Unzählige Beutelgrößen und -formen sind dort im Einsatz. Besonders erwähnt seien Standbeutel, Beutel mit Ausgießöffnungen, Beutel mit Kartonagenverstärkung, Aufreißbeutel, Beutel mit Peeleffekt zum leichteren Öffnen und Beutel mit Ventilen. Sie alle können mit Ihren spezifischen Eigenschaften für die erfindungsgemäßen Kühlelemente von Vorteil sein.

[0023] Beim Abfüllen von festem Sorptionsmittel in Beuteln entsteht Staub, der sich an den Folieninnenflächen ablagert. Staub auf den späteren Siegelstellen kann zu Leckagen führen, wenn die Staubschicht gegenüber der Polypropylen-schicht zu dick ist. Polypropylen-schicht-dicken von 50 bis 100 μm reichen aus, um feine Staubkörnchen in die Polypropylen-schicht sicher und vakuumdicht einzuschmelzen.

[0024] Bei Verwendung erfindungsgemäßer Folien ist es möglich, heißes, scharfkantiges und Staub freisetzendes Sorptionsmittel ohne weitere schützende Zwischenlagen direkt unter Vakuum zu umhüllen und über einen mehrjährigen Zeitraum zu lagern, ohne dass aus dem Folienmaterial selbst oder durch dieses hindurch Fremdgase in das Kühlelement gelangen, welche die Sorptionsreaktion beeinträchtigen oder gar ganz unterbinden.

[0025] Als Sorptionsmittel kommt vorteilhaft Zeolith zum Einsatz. Dieser kann in seiner regelmäßigen Kri-

stallstruktur bis zu 36 Massen-% Wasser reversibel sorbieren. Bei der erfindungsgemäßen Anwendung beträgt die technisch realisierbare Wasseraufnahme ca. 20 bis 25 %. Zeolithe haben auch bei relativ hohen Temperaturen (über 100° C) noch ein beträchtliches Wasserdampf-Sorptionsvermögen und eignen sich deshalb besonders für den erfindungsgemäßen Einsatz.

Zeolith ist ein kristallines Mineral, das in einer Gerüststruktur Silizium- und Aluminiumoxide enthält. Die sehr regelmäßige Gerüststruktur enthält Hohlräume, in welchen Wassermoleküle unter Wärmefreisetzung sorbiert werden können. Innerhalb der Gerüststruktur sind die Wassermoleküle starken Feldkräften ausgesetzt, deren Stärke von der bereits in der Gerüststruktur enthaltenen Wassermenge und der Temperatur des Zeolithen abhängt.

In der Natur vorkommende, natürliche Zeolithtypen nehmen deutlich weniger Wasser auf. Pro 100 g natürlicher Zeolith werden nur 7 bis 11 g Wasser sorbiert. Diese reduzierte Wasseraufnahmefähigkeit liegt zum einen an deren spezifischen Kristallstrukturen und zum anderen an nicht aktiven Verunreinigungen des Naturproduktes. Für Kühlelemente, die während einer längeren Kühlperiode auch die Möglichkeit haben, die Sorptionswärme über die Hülle abzugeben, sind deshalb synthetische Zeolithe mit ihrem größeren Sorptionsvermögen zu bevorzugen. Für Kühlelemente mit hoher Kühlleistung und/oder kurzer Kühlzeit, bei der das Sorptionsmittel relativ heiß bleibt, kommen erfindungsgemäß auch natürliche Zeolithe zum Einsatz. Bei hohen Sorptionsmitteltemperaturen sind nämlich synthetische Zeolithe gegenüber den natürlichen nicht mehr im Vorteil. Typischerweise können beide Arten bei gehemmter Abgabe der Sorptionswärme und damit einhergehenden hohen Sorptionsmitteltemperaturen von über 100 °C lediglich 4 bis 5 g Wasserdampf pro 100 g trockener Sorptionsmittelmasse sorbieren. Wirtschaftlich sind für diesen Einsatzfall sogar die natürlichen Vertreter deutlich im Vorteil, da deren Preis erheblich niedriger ist.

Natürliche Zeolithe haben noch einen weiteren Vorteil. Die nichtaktiven Beimengungen liegen typischerweise bei 10 bis 30 %. Sie sind zwar nicht aktiv an der Kälteerzeugung beteiligt, dennoch werden sie von den benachbarten Zeolithkristallen mit aufgeheizt. Sie wirken damit wie ein zusätzlich eingebauter, preiswerter Wärmepuffer. Die Folge ist, dass die Zeolithfüllung weniger heiß wird und damit bei niedrigeren Temperaturen zusätzlichen Wasserdampf sorbieren kann.

[0026] Natürliches Zeolithgranulat besteht aus gebrochenen bzw. gequetschten Bruchstücken und besitzt deshalb scharfe und spitzige geometrische Formen, die unter Vakuum und erhöhten Temperaturen die Mehrschicht-Folien durchstechen oder durchschneiden können.

[0027] Unter den ca. 30 unterschiedlichen, natürlichen Zeolithen sind die folgenden für die erfindungsgemäßen Kühlelemente vorteilhaft einzusetzen: Clinoptilolite, Chabazite, Mordenite und Phillipsite.

In der Natur vorkommende Stoffe können auch ohne Umweltauflagen wieder der Natur zugeführt werden. Natürliche Zeolithe können nach ihrem Einsatz in Kühlelementen z. B. als Bodenverbesserer, als Flüssigkeitsbinder oder zur Verbesserung der Wasserqualität in stehenden Gewässern eingesetzt werden.

Von den synthetischen Zeolithtypen sind die Typen A, X und Y, jeweils in ihrer preisgünstigen Na-Form zu empfehlen.

[0028] Neben der Kombination Zeolith/Wasser sind auch andere feste Sorptionspaarungen für den Einsatz in erfindungsgemäßen Kühlelementen möglich. Besonders erwähnt seien Bentonite und Salze, die ebenfalls mit dem Arbeitsmittel Wasser geeignete Kombinationen darstellen. Auch Aktivkohle kann in Kombination mit Alkoholen eine vorteilhafte Lösung darstellen. Da auch diese Stoffpaarungen im Unterdruck arbeiten, können sie in erfindungsgemäßen Mehrschicht-Folien eingeschweißt werden.

[0029] Erfindungsgemäß ist die Sorptionsmittelmenge so zu dimensionieren und so anzuordnen, dass für den einströmenden Wasserdampf nur ein minimaler Druckabfall innerhalb des Sorptionsmittels überwunden werden muss. Dabei sollte der Druckabfall insbesondere bei Wasser als Arbeitsmittel weniger als 5 mbar betragen. Zudem muss das Sorptionsmittel dem zuströmenden Arbeitsmitteldampf ausreichend Oberfläche zur Anlage bieten. Um eine gleichmäßige Sorption innerhalb des Sorptionsmittels und einen geringen Druckabfall zu gewährleisten, haben sich besonders Sorptionsmittel-Granulate bewährt. Granulatdurchmesser zwischen 2 und 10 mm zeigen dabei die besten Resultate. Diese sind problemlos abzapfen und bilden nach dem Evakuieren einen harten, druck- und formstabilen Sorptionsmittel-Formkörper, der die beim Evakuieren aufgezwungene Form beibehält. Um dennoch mit den formstabilen Sorptionsmittel-Formkörpern variable Geometrien darstellen zu können, wird erfindungsgemäß das Sorptionsmittel in mehrere, nur über Dampfströmungskanäle verbundene Bereiche eingefüllt. Die einzelnen festen Bereiche lassen sich dann, sofern der Dampfkanal weiterhin flexibel aufgebaut ist, gegeneinander verschieben, falten und stapeln um z. B. beengten Platzverhältnissen genüge zu leisten und dennoch eine gute Luftumströmung zu ermöglichen.

[0030] Vorteilhaft sind auch aus Zeolithpulver vorgeformte, formbeständige Zeolithblöcke, in die bereits die Strömungskanäle eingearbeitet sein können und deren Formgebung der gewünschten Kühlelement-Geometrie angepasst ist. Die stabilen Zeolithblöcke können im Bereich des Arbeitsmitteldampfkanals Hohlräume aufweisen, um die Strömung nicht zu behindern.

[0031] Bei der Sorptionsreaktion wird Sorptionswärme frei, die das Sorptionsmittel erhitzt. Die Aufnahmefähigkeit für Wasser nimmt bei höheren Sorptionsmitteltemperaturen stark ab. Um eine hohe Kühlleistung über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten, ist es sinnvoll, das Sorptionsmittel zu kühlen.

Bei direktem Kontakt des Sorptionsmittels mit der Mehrschicht-Folie kann entstehende Sorptionswärme ungehindert durch die Folie hindurch nach außen abgeführt werden. In aller Regel wird die Wärme an die umgebende Luft abgeleitet werden. Sehr effizient ist es auch, den Sorptionsbehälter mit Wasser zu kühlen.

[0032] Da der Wärmeübergang an eine Luftströmung von der Außenseite des Sorptionsmittel-Beutels in der gleichen Größenordnung liegt wie der Wärmeübergang eines Sorptionsmittel-Granulates an die Innenseite des Beutels, empfehlen sich prinzipiell große Folienoberflächen ohne Berippung, wie beispielsweise Zylinder-, Platten- oder Rohrgeometrien. Da insbesondere Zeolithgranulate eine geringe Wärmeleitung haben, sind die Sorptionsbehälter so auszulegen, dass der durchschnittliche Wärmeleitungsweg innerhalb des Sorptionsmittels 5 cm nicht übersteigt.

[0033] Alle Anwendungen sind dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlelement über einen unbestimmten Zeitraum bei beliebigen Umgebungstemperaturen gelagert wird. Zum Startzeitpunkt der Kühlwirkung wird das Regelorgan geöffnet. Arbeitsmitteldampf kann ab diesem Zeitpunkt zum Sorptionsmittel strömen und von diesem angelagert werden. Das Sorptionsmittel wird heiß, da es den Dampf innerhalb seiner Kristallstruktur verflüssigt und adsorbiert. Der Verdampfer kühlt sich ab und kann als Kältequelle genutzt werden. Bei schnell ablaufenden Kühlaufgaben (z.B. Abkühlen einer Flüssigkeit) wird in der Regel der Zeitraum nicht ausreichen, das Sorptionsmittel nennenswert zu kühlen. Die Aufnahmefähigkeit für Arbeitsmitteldampf wird deshalb wegen der heißen Sorptionsmitteltemperaturen begrenzt sein, wenn nicht Beimengungen als Wärmepuffer fungieren.

Bei Kühlelementen mit längerer Kühlzeit wird das Sorptionsmittel Wärme über die Mehrschicht-Folie abgeben können und je nach Anwendungsfall diese Wärme auf höherem Temperaturniveau auch an ein warm zu haltendes Produkt übertragen können.

[0034] Bei Anwendungen im Tiefkühlbereich sind zudem ausreichend dimensionierte Strömungskanäle und gegebenenfalls Gefrierpunktsniedrigende Zusätze im Arbeitsmittel zu berücksichtigen. Mit diesen Zusätzen können auch beim Arbeitsmittel Wasser Verdampfungstemperaturen unter Null °C erzielt werden, ohne dass das Wasser vereist.

[0035] Insbesondere bei Anwendungen im temperaturgeführten Transport kann es vorkommen, dass die Umgebungstemperaturen unter der Regeltemperatur des Thermostaten liegen. Bei fallenden Temperaturen wird zunächst der Thermostat schließen und die aktive Kühlung des Kühlelementes unterbrechen. Sobald die Temperatur im Verdampfer unter 0°C sinkt, würde bei der Verwendung von reinem Wasser dieses erstarren und die Erstarrungswärme bei 0°C an den Innenraum abgeben. Sofern die Wasserfüllung ausreichend bemessen ist, wird die Innenraumtemperatur dann nicht unter den Gefrierpunkt fallen.

Für Transportaufgaben bei denen 0°C zu tief ist, kann

an Stelle von reinem Wasser eine wässrige, eutektische Mischung zum Einsatz kommen, deren Umwandlungspunkt geringfügig unterhalb der Regeltemperatur des Thermostaten eingestellt ist (z.B. Umwandlungspunkt 3 bis 4 °C und einer Thermostat-Regeltemperatur von 5 °C). Bei dieser Konstellation wird somit, solange die Temperatur des Innenraums über der Regeltemperatur des Thermostaten liegt, Arbeitsmitteldampf aus der wässrigen Mischung verdampfen und den Innenraum kühlen. Bei Temperaturen unterhalb des Regelpunktes schließt der Thermostat den Dampfkanal. Sinkt nun die Außentemperatur unter den Umwandlungspunkt und fließt von der Mischung weiterhin Wärme an die Umgebung ab, sinkt die Temperatur im Verdampfer so lange bis die Mischung den Umwandlungspunkt unterschreitet. Die Mischung wandelt sich nunmehr um und gibt Wärme an den Innenraum ab. Bei entsprechender Dimensionierung kann demzufolge ein erfindungsgemäßes Kühlelement nicht nur bei einer konstanten Temperatur kühlen sondern bei Unterschreiten dieser Temperatur Umwandlungswärme bereit stellen und das Transportgut mindestens auf der Umwandlungstemperatur halten.

[0036] Für Anwendungen bei denen keine Vergrößerung des Verdampferolumens durch zusätzliche eutektische Mischungen gewünscht ist, kann erfindungsgemäß auch zwischen Verdampfer und Behälterisolierung eine separate Wärmequelle angeordnet werden. Diese Wärmequelle bedarf im einfachsten Fall selbst keiner eigenen Regelung, da deren überschüssige Wärme vom Verdampfer durch dessen thermostatische Regelung abgeführt wird, bevor die höheren Temperaturen das Transportgut erreichen. Die Leistungsabgabe dieser Wärmequelle sollte so bemessen sein, dass deren Wärmeabgabe ausreicht, den isolierten Behälter bei den tiefsten zu erwartenden Umgebungstemperaturen zumindest auf der geforderten Innenraumtemperatur zu halten. Erfindungsgemäß muss die Wärmequelle auch nicht homogen innerhalb des isolierten Behälters angeordnet sein. Es genügt vielmehr eine punktuelle Wärmefreisetzung, da der Verdampfer wie eine Dampfheizung wirkt, welche die von der Wärmequelle aufgenommene Wärmemenge über die gesamte Verdampferfläche verteilt und regelt. Wasser, das im thermischen Kontakt mit der Wärmequelle verdampft, kondensiert innerhalb der Verdampferstruktur an kühleren Oberflächen und erwärmt diese auf das Niveau der verdampfenden Stelle. Die Temperatur des gesamten Verdampfers bleibt somit homogen. Sobald die Temperatur am Thermostat dessen Regeltemperatur übersteigt, öffnet das Regelorgan und lässt solange Arbeitsmitteldampf in das Sorptionsmittel abströmen bis die Regeltemperatur wieder erreicht ist.

[0037] Selbstverständlich eignen sich hierfür hervorragend elektrische Heizelemente, die aus mitgeführten Batterien oder Akkus gespeist werden. Bei dieser Wärmequellenart kann das Heizelement auch über einen zusätzlichen, elektrischen Thermostaten geregelt werden.

[0038] Als separate Wärmequelle sind prinzipiell alle bekannten exotherm verlaufenden chemischen Reaktio-

nen geeignet, die zum Warmhalten von Körpern eingesetzt werden (z. B. offene Flammen, katalytische Verbrennung usw.). Besonders vorteilhaft ist die Oxidation von Eisenpulver mit Luftsauerstoff in Anwesenheit von Wasser, Salzen und Aktivkohle. Diese langsam ablaufende Oxidation verbraucht nur wenig Sauerstoff, der entweder durch die im Allgemeinen porösen Isolierungswände in den Innenraum diffundiert oder aber über geeignet dimensionierte Öffnungen von außen an die Wärmequelle gelenkt wird.

[0039] Erfindungsgemäß kann die Leistung dieser Wärmequellen über die Luftzufuhr (Sauerstoffzufuhr) geregelt werden. In Zeiten wo keine Wärme notwendig ist, kann die Luftzufuhr ganz unterbunden sein aber bei unterschreiten einer Grenztemperatur immer weiter gesteigert werden. Durch eine Regelung der Luftzufuhr kann sowohl die Kühlkapazität des Kühlelementes als auch die Wärmekapazität der Wärmequelle verringert werden. Ohne Regelung würde eine einmal aktivierte Wärmequelle auch dann noch heizen, wenn die Umgebungstemperatur schon wieder weit oberhalb der gewünschten Innenraumtemperatur liegt. Das Kühlelement müsste in diesen Fällen sowohl die von außen einfallende Wärme als auch die von der Wärmequelle freigesetzte Reaktionswärme abführen. Da während eines mehrtägigen Transports die Umgebungstemperaturen mehrmals über und unter die geforderte Innenraumtemperatur fallen bzw. steigen können, ist eine Regelung der Wärmequelle sinnvoll.

[0040] Erfindungsgemäß kann die Luftzufuhr zu dem Oxidationsvorgang der Wärmequelle über einen eigenen Luft-Thermostaten geregelt werden, der abhängig von der Umgebungstemperatur die Luftzufuhr zur Wärmequelle mehr oder weniger freigibt. Die Wärmequelle befindet sich vorteilhaft innerhalb des Isolierbehälters, verteilt auf eine oder auch mehrere Flächen zwischen innerer Isolierboxwand und Verdampfer. Der Luft-Thermostat kann ein Bimetall-Element enthalten, das oberhalb einer Grenztemperatur das äußere Ende eines Luftkanals verschließt. Um sauerstoffarme Luft aus dem Innenraum abströmen zu lassen, kann der luftdichte Beutel mit einer weiteren Öffnung versehen sein, über die verbrauchte Luft in den Innenraum des Isolierbehälters abströmen kann. Von dort kann die Luft über die natürlichen Poren des Isoliermaterials nach außen gelangen oder es werden geeignete Austritts-Öffnungen geschaffen, die den Luftaustausch erlauben und beim Starten des Wärmeelementes gezielt geöffnet werden. Durch das gezielte Öffnen der Öffnungen kann auch verhindert werden, dass die Wärmequelle schon während der Lagerzeit ungewollt bei zu tiefen Lagertemperaturen selbsttätig aktiviert wird.

Idealerweise befinden sich die Eintritts-Öffnung und die Austritts-Öffnung auf unterschiedlicher Höhe. In diesem Fall wird eine natürliche Luftbewegung einsetzen und bei geöffnetem Luft-Thermostaten, unterstützt durch thermischen Auftrieb der an der Wärmequelle erwärmten Luftmengen, immer neuen Sauerstoff an das eingelagerte

Eisenpulver transportieren.

Idealerweise wird die Zufuhr von frischer Luft durch den Luft-Thermostaten dann einsetzen, wenn die Umgebungstemperatur den Mittelwert der eingestellten Regeltemperatur unterschreitet. Je tiefer die Außentemperatur absinkt, umso weiter sollte der Luft-Thermostat öffnen um die Leistung der Heizquelle zu steigern. Eine exakte Leistungsregelung ist dabei nicht nötig, da die exakte Temperaturregelung das Thermostatventil im Kühlelement übernimmt. Eine zu hohe Leistung der Wärmequelle wird vom Kühlelement abgeführt, bevor das Nutzvolumen davon betroffen würde. Die Wärmequelle ist deshalb vorzugsweise zwischen Isolierbehälterwand und Verdampferfläche angeordnet.

[0041] Nur in seltenen Fällen wird das Arbeitsmittel im Verdampfer in ungebundener Form vorliegen können. Meistens wird es in einem saugfähigen Vlies verteilt und durch hygroskopische Kräfte fixiert. Besonders preisgünstige Materialien sind saugfähige Papiere, wie sie in großer Vielfalt für Haushalt und Industrie zum Aufsaugen von Flüssigkeiten eingesetzt werden. Auch die wasserspeichernden Vliese dürfen, ebenso wie die Abstandhalter aus Kunststoff oder natürlicher Zeolith, unter Vakuum und höheren Temperaturen nicht ausgasen. Besonders geeignet haben sich hierfür handelsübliche Mikrofaser aus Polypropylen. Diese Fasern sind zur Wasseraufnahme präpariert und geben keine das Vakuum störenden Gase ab.

Vorteilhafterweise wird dem Verdampfer im Bereich der Wärmequelle eine etwas größere Vliesmenge zugeordnet, damit dort auch mehr flüssiges Arbeitsmittel für die Dampfheizung zur Verfügung steht. Zudem kann die Vliesgeometrie so gestaltet werden, dass eine abnehmende Arbeitsmittelmenge über die Sogwirkung des Vliesmaterials wieder nachgespeist wird.

Eine weitere Lösung eröffnet die Fixierung des Arbeitsmittels in organischen Bindemitteln wie z. B. Water Lock von der Firma Grain Processing Corp. USA. Vorteilhaft kann auch die Kombination mehrerer o. g. Maßnahmen sein.

[0042] Um den notwendigen Dampfkanalquerschnitt zwischen Verdampfer und Sorptionsmittelfüllung trotz des von außen anstehenden Luftdruckes aufrecht zu erhalten, kann erfindungsgemäß der Dampfkanal durch mehrere Lagen eines Kunststoffnetzes gebildet und stabilisiert werden. Zwischen der Netzstruktur verbleibt dabei genügend Querschnitt für die Strömung. Beim Einsatz von Polypropylenetzen können höhere Temperaturen ohne Gasfreisetzung zugelassen werden. Durch die flexible Struktur der Netze passen sich diese zudem optimal an die jeweiligen Geometrien an.

[0043] Der Verdampfer kann erfindungsgemäß beliebige Formen annehmen und aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sein. Technisch notwendig ist, dass während des Kühlprozesses eine genügend große Öffnung zum Abströmen des Wasserdampfes in den Arbeitsmitteldampfkanal bestehen bleibt, Arbeitsmittel im flüssigen Zustand an der zu kühlenden Stelle verbleibt,

ein Mitreißen flüssiger Bestandteile verhindert wird und eine gute thermische Anbindung an das zu kühlende Objekt möglich ist.

[0044] Das Versiegeln der Mehrschicht-Folien erfolgt in aller Regel thermisch durch Anpressen heißer Siegelbalken auf die äußere Folienoberflächen bis die aufeinanderliegenden Siegelschichten flüssig werden und miteinander verschmelzen.

[0045] Der Verschweißungsvorgang kann innerhalb einer Vakuumkammer unter Vakuum erfolgen. In diesem Fall werden in der Vakuumkammer zugleich aus der Wassermasse und allen weiteren Komponenten alle, den späteren Adsorptionsprozess behindernde Gase mit abgesaugt.

[0046] Vorteilhaft ist aber auch, den Beutel ohne Vakuumkammer an einer noch offenen Stelle der Siegelnaht mittels einer Saugvorrichtung zu evakuieren. Um den Absaugkanal offen zu halten, ist zwischen den Folienflächen ein Abstandhalter aus Polypropylen, in vorteilhafter Weise analog zum Strukturmaterial, das den Strömungskanal im Innern des Kühlelementes aufspannt, eingelegt. Sobald die Evakuierung abgeschlossen ist, werden die Folienflächen einschließlich des Abstandhalters durch Siegelbalken erhitzt, bis die Siegelschicht und das identische Material des Abstandhalters ineinander verschmelzen und nach dem Erkalten eine gasdichte Verbindung eingehen.

[0047] Die Zeichnung zeigt in:

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes, noch flach liegendes Kühlelement für die Kühlung einer isolierten Transportbox,

Fig. 1a ein nahezu baugleiches Kühlelement mit einem separaten Zeolith-Beutel,

Fig. 2 den flexiblen Verdampfer aus Fig. 1 in perspektivischer und geschnittener Darstellung,

Fig. 3 das Kühlelement nach Fig. 1 zusammen mit einer isolierten Transportbox,

Fig. 3a eine Wärmequelle,

Fig. 3b eine Wärmequelle innerhalb einer isolierten Box,

Fig. 4 ein Thermostatventil,

Fig. 5 ein Regelorgan für einen Einwegkühler,

Fig. 6 eine weitere Ausgestaltung eines Verdampfers in geschnittener Darstellung und

Fig. 7 einen Sorptionsmittel-Bereich mit drei Sorptionsmittel-Taschen.

[0048] Das in Fig. 1 (und Fig. 1a) dargestellte Kühlelement hat noch seine flache Form, wie sie durch den Herstellungsprozess vorgegeben ist. Zwei passend zugeschnittene Mehrschicht-Folien 7 werden mit ihren gegenüberliegenden Siegelschichten aufeinandergelegt und mit den Einzelkomponenten des Kühlelementes bestückt. In der Zeichnung ist die obere Mehrschicht-Folie 7 transparent dargestellt, um die Lage der Komponenten aufzuzeigen. Die beiden Mehrschicht-Folien 7 bestehen aus vier miteinander verklebten Einzelschichten. Über

die innerste Polypropylenschicht sind die Folien an den umlaufenden Rändern 23 hermetisch versiegelt (verschweißt). Eine gasdichte Aluminiumschicht wird jeweils von zwei Polyamidschichten eingehüllt, welche die Aluminiumschicht wiederum vor Zerstörung schützen und eine graphische Bedruckung der Mehrschicht-Folie erlauben. Der Verdampfer 2 enthält zwei aufeinander liegende einstückige Abstandshalter 11 auf denen sechs Vlies-Platten 10 aufgelegt sind. Das Vlies 10 besteht aus mehreren Lagen einer hydrophilen Mikrofaserplatte aus Polypropylen. Es ist mit dem Arbeitsmittel Wasser getränkt. Die maximale Wasseraufnahme ist wegen des von außen anliegenden Druckes auf die Kapillarstruktur der Mikrofaser begrenzt. Die eingefüllte Wassermenge ist etwas größer, als von der Sorptionsmittelmenge aufgenommen werden kann. Bei tiefen Umgebungstemperaturen kann die überschüssige Wassermasse vereisen und den Innenraum der Isolierbox während der Vereisung auf 0°C halten. Die sechs Vlies-Platten 10 sind an vorgegebenen Knicklinien 24 beabstandet. Unter einem Vlies ist ein Thermostat-Ventil 8 eingelegt, von dem aus ein Arbeitsmitteldampfkanal 4 zu einem Regelorgan 3 und von dort in das Sorptionsmittel 1 führt. Der Arbeitsmitteldampfkanal 4 wird von einer flexiblen Schlauchleitung 24 aus Kunststoff aufgespannt, die dem äußeren Überdruck Stand hält und auch beim Knicken nicht gequetscht wird. Unter Vakuum schmiegt sich die Mehrschicht-Folie 7 so um die Einbauten, dass der Weg zum Sorptionsmittel 1 für den Wasserdampf nur durch das Thermostat-Ventil 8, die Schlauchleitung 24 und das Regelorgan 3 möglich ist.

[0049] Zur erfindungsgemäßen Herstellung des Kühlelementes werden die zugeschnittenen Mehrschicht-Folien 7 segmentweise vorgesiegelt, mit den Einzelkomponenten bestückt und sodann bis auf eine kleine Absaugöffnung 40 im Bereich einer Siegelnaht 23 verschweißt. An die Absaugöffnung 40 wird eine Vakuumpumpe angedockt, die aus dem Kühlelement die Luft und eventuell frei werdende Gase absaugt. Im Anschluss daran wird die Absaugöffnung 40 durch die, um den Absaugkanal offen zu halten, ein Teil eines Abstandshalters 11 ragt, mittels geeigneter Schweißbalken soweit erhitzt, dass das Material des Abstandshalters 11 mit der Siegelschicht verschmilzt. Unter bestimmten geometrischen Bedingungen kann es vorteilhaft sein, wenn der Verdampfer 2 und das Sorptionsmittel 1 an separaten Stellen evakuiert werden.

[0050] Fig. 1a zeigt gegenüber dem Einwegkühler aus Fig. 1 folgende Variationen:

Die flexible Schlauchleitung 24 führt nunmehr von einer anderen Stelle aus dem Verdampferbereich 2 in das Sorptionsmittel 1. Das Sorptionsmittel 1, in diesem Fall Zeolith, ist innerhalb eines separaten Beutels 47 abgefüllt worden und zusätzlich von den Mehrschichtfolien 7 umgeschlossen. Zum Herstellen der Dampfverbindung muss der Beutel 47 vom Regelorgan 3 durchstoßen werden. Das Regelorgan 3 hat hierzu scharfe Kanten, die durch einen kräftigen, äußeren Schlag auf die abdecken-

de Mehrschicht-Folie 7 die Hülle des Beutels 47 durchstoßen. Die flexible Schlauchleitung 24 zwischen Verdampfer 2 und Regelorgan 3 besteht in dieser Ausgestaltung aus einem Kunststoff-Wellschlauch, der Dank seiner Struktur auch bei dünner Materialstärke dem äußeren Luftdruck Stand hält und dennoch eine äußerst flexible Arbeitsmitteldampf-Verbindung erlaubt. Die sechs Vlies-Platten 10 sind an den Knicklinien 24 durch weiteres Vliesmaterial 57 kontaktiert, um das flüssige Arbeitsmittel durch die Sogwirkung des Materials wieder gleichmäßig zu verteilen, falls es durch eine partiell einwirkende Wärmequelle an den Kontaktstellen verdampfen und an anderen Stellen rückkondensieren sollte.

[0051] Auch die Herstellung des Einwegkühlers nach Fig. 1a unterscheidet sich von der Fertigungsmethode des Einwegkühlers nach Fig. 1. Die Herstellung des Beutels 47 kann separat erfolgen. Er muss nicht gleichzeitig mit dem Versiegeln des Kühlelements evakuiert und versiegelt werden. Vielmehr kann er in einem separaten Fertigungsschritt mit heißem Zeolith gefüllt, evakuiert und versiegelt werden. Bei der Endfertigung des Kühlelements wird der erkaltete Beutel 47 zusammen mit den anderen Komponenten zwischen die Mehrschicht-Folien 7 eingelegt und mit dem Regelorgan 3 und der flexiblen Schlauchleitung 34 ausgerichtet. Die Evakuierung erfolgt in diesem Beispiel innerhalb einer Vakuumkammer, in der alle eingelegten Komponenten einschließlich dem Arbeitsmittel Wasser von anhaftenden bzw. enthaltenen, gasenden Reststoffen befreit werden. Noch innerhalb der Vakuumkammer wird das Kühlelement an den noch offenen Siegelnähten verschweißt und als fertige Einheit aus der wieder gefluteten Vakuumkammer entnommen.

[0052] Fig. 2 zeigt den Verdampfer 2 gemäß Fig. 1 entlang der Linie AA geschnitten und in perspektivischer Darstellung. Entlang der Knicklinien 24 ist der Verdampfer 2 in seine kubische Form geklappt worden. An den Schnittflächen sind der Abstandshalter 11 und die mit Wasser getränkten Vliese 10 sichtbar. Alles zusammen wird von der Mehrschicht-Folie 7 umhüllt. Im Bereich der Knickstellen 24 befindet sich kein Vlies 10, sodass sich die obere Mehrschicht-Folie 7 bis auf den Abstandshalter 11 durchdrücken kann, um damit die sich gegenüber der äußeren Folie ergebende Längenkontraktion zu kompensieren. Auf diese Weise kann eine leichte Verformung des Verdampfers 2 ohne Faltenbildung erreicht werden. An der links stehenden Wand des Verdampfers 2 ist das Thermostatventil 8 zwischen Vlies 10 und Abstandshalter 11 eingelegt. Über den Abstandshalter 11 stehen alle Bereiche der Vliese 10 mit dem Thermostatventil 8 in Verbindung.

[0053] Fig. 3 zeigt das Kühlelement gemäß Fig. 1 im gefalteten Zustand vor dem Einsetzen in eine isolierte Transportbox 12, die mit einem Deckel 25 abdeckbar ist. Die Transportbox 12 hat an einer Kante einen Freiraum 26, in welchen der Arbeitsmitteldampfkanal 4 eingesetzt werden kann. Das Regelorgan 3 und das Sorptionsmittel 1 kommen somit in den Außenbereich der Transportbox 12 an einer Seitenwand zu liegen. Die sechs zu einem

Quader gefalteten Flächen des Verdampfers 2 bekleiden die sechs Innenflächen der Transportbox 12. Der sich ergebende Innenraum dient zur Aufnahme eines Transportgutes. Die obere Verdampferplatte 5 ist klappbar. Über sie ist der Innenraum im vollen Querschnitt zugänglich. An zwei Innenwänden der Transportbox 12 befinden sich Aussparungen 27, die je eine Wärmequelle 18 aufnehmen können. Die Wärmequellen 18 enthalten in einer luftdurchlässigen Hülle eine Mischung aus Eisenpulver, Wasser, Salz, Zellulose und Aktivkohle. Unter Luftzutritt oxidiert das Eisenpulver exotherm. Der Luftsauerstoff gelangt über die poröse Styropor-Isolierung der Transportbox 12 zum Eisenpulver und/oder über zusätzliche, dünne Luftkanäle 28 in die Aussparungen 27. Die Wärmequellen 18 sorgen für eine Beheizung des Innenraums für den Fall, dass die Transportbox 12 in einer in Bezug auf die Regeltemperatur des Thermostaten 8 zu kalten Umgebung steht. Die Wärmeentwicklung der Wärmequellen 18 selbst bleibt ungeregelt. Wenn die Wärmequellen 18 mehr Wärme liefern als für den Innenraum benötigt wird, öffnet das Thermostatventil 8 und lässt so viel Dampf in das Sorptionsmittel 1 abströmen bis die Verdampfer Temperatur wieder im Regelbereich liegt. Da der Verdampfer 2 nur Wasser und Wasserdampf enthält, bleibt die Temperatur im gesamten Verdampfer 2 homogen. Von Verdampfer-Partien in die, z. B. von den Wärmequellen 18, mehr Wärme einfällt, verdampft Wasser unter Wärmeaufnahme und in Partien aus denen Wärme an die Umgebung abfließt, wird Wasserdampf strömen und exotherm kondensieren. Durch die kapillare Sogwirkung des Vliesmaterials kann sich die Wasserkonzentration wieder ausgleichen.

[0054] Fig. 3a zeigt eine Wärmequelle 48 in einer randversiegelten, gasdichten Folienhülle 49, die eine Eintritts-Öffnung 50 und eine Austritts-Öffnung 51 enthält. Die Wärmequelle 48 enthält zwei in Papierbeutel gefüllte reaktive Eisenpulvermischungen 58, die bei Sauerstoffzutritt eine exotherme Reaktion durchlaufen. Um den Luftzugang zu gewährleisten, sind innerhalb der Folienhülle 49 weitere Strömungswege offen gehalten. Im Ausführungsbeispiel werden die Strömungswege durch ein flexibles Gitter 52 aufgespannt. Die Eintritts-Öffnung 50 ist gasdicht mit einer Schlauchleitung 53 verbunden, die an ihrem äußeren Ende von einem Luft-Thermostat 54 verschlossen werden kann. Die Austritts-Öffnung 51 ist mit einem Klebeband 51 verschlossen. Es wird erst zum Starten der Wärmequelle 48 abgezogen. Der Luft-Thermostat 54 kann ebenfalls bis zu seinem Einsatz mit einer zusätzlichen Hülle (nicht gezeichnet) verschlossen sein. Die Wärmequelle ist so dimensioniert, dass sie mittig geknickt werden kann und somit zwei innere Flächen einer isolierten Box bedecken kann.

[0055] Fig. 3b zeigt die Wärmequelle 48 aus Fig. 3a eingelegt in eine isolierte Box 60 in geschnittener Darstellung. Der Luft-Thermostat 54 ist an einer unteren Ecke im Außenbereich der Box 60 angeordnet. Er enthält eine Bi-Metall Spirale, die unterhalb einer Temperatur von 5 °C die Eintritts-Öffnung 50 öffnet. Die Schlauchlei-

tung 53 bildet die gasdichte Verbindung vom außenliegenden Luft-Thermostat 54 durch die Isolierung der Box 60 zur Eintritts-Öffnung 50. Die Wärmequelle 48 ist mittig geknickt und bedeckt den Boden und eine Seitenwand der Box 60. Das flexible Gitter 52 und die beiden Eisenpulvermischungen 58 sind von der gasdichten Folienhülle 49 umgeben. Am oberen Ende der Wärmequelle 48 befindet sich die Austritts-Öffnung 51. Sie ist noch mit dem Klebeband 55 verschlossen. Zum Starten der Wärmequelle 48 muss das Klebeband 55 abgezogen werden. Durch den Luftzutritt startet die exotherme Reaktion und erwärmt die im Gitter befindliche Luft, die daraufhin erwärmt aufsteigt, durch die Austritts-Öffnung 51 in die Box abströmt und von dort über einen kleinen Lüftungskanal 59 im Deckel 61 der Box 60 nach außen abströmt und zugleich bei geöffnetem Luft-Thermostat 54 neue sauerstoffreiche Luft über die Schlauchleitung 53 nachströmen lässt. Auf die Darstellung eines die Box 60 auskühlenden und an der Wärmequelle 48 anliegenden Kühlelementes wurde verzichtet.

[0056] Fig. 4 zeigt ein Thermostatventil 8 im Querschnitt. Ein zu einer Spirale aufgerollter Bi-Metall Streifen 9 ist an seinem inneren Ende 41 fest mit einem einseitig offenen Gehäuse 29 verbunden, während das freie Ende 42 eine Dichtscheibe 30 enthält, die bei der Regeltemperatur die Öffnung 31 des Arbeitsmitteldampfkanals 4 verschließt. Die Öffnung 31 wird von einem in das Gehäuse 29 gasdicht eingebundenen Rohrstücks 38 gebildet, auf dessen anderem Ende ein Kunststoff-Schlauch 14 aufgeschoben ist. Um den Schlauch 14 schmiegt sich wiederum die Mehrschicht-Folie 7, die an den Rändern 23 gasdicht versiegelt ist. Die Mehrschicht-Folie 7 und der Schlauch 14 können im weiteren Verlauf durch von außen eingreifende Quetschelemente (nicht gezeichnet) so stark gepresst werden, dass der Arbeitsmitteldampfkanal 4 von außen blockiert werden kann. Zum Starten der Kühlung werden die Quetschelemente entfernt. Durch die Rückstellkräfte des Kunststoff-Schlauches 14 öffnet sich nunmehr der Strömungsweg für den Arbeitsmitteldampf. Das erfindungsgemäße Regelorgan wird in dieser Ausführungsform durch das Thermostatventil 8 und die Quetschelemente gebildet. Unter dem Gehäuse 29 des Thermostatventils 8 befindet sich eine Lage eines Kunststoffnetzes 43. Da sich die Fäden 39 des Netzes 43 an den Kreuzungspunkten überlagern, verbleiben Arbeitsmitteldampfkanäle auch innerhalb der Netzebene. Gute Ergebnisse erzielt man mit Netzen die eine Fadendicke von ca. 2 mm bei einem Fadenabstand von ca. 3 mm aufweisen. Obwohl auf das Kunststoffnetz 43 von einer Netzseite die Mikrofaser des Vlieses und von der anderen Seite die flexible Mehrschicht-Folie angepresst werden, verbleibt genügend Querschnitt für den Arbeitsmitteldampf. Falls der Querschnitt an einzelnen Bereichen zu knapp wird, z. B. im Einstromungsbereich zum Thermostatventils 8, können mehrere Lagen des Kunststoffnetzes 43 übereinander geschichtet werden. Die erfindungsgemäße Flexibilität des Verdampfers 2 bleibt damit dennoch erhalten.

[0057] Fig. 5 zeigt ein Regelorgan 3 in geschnittener Darstellung, das dadurch verschlossen gehalten wird, dass der äußere Luftdruck die Mehrschicht-Folie 7 so weit verformt, dass eine scheibenförmige Dichtfläche 16 auf einen Dichtsitz 17 gepresst wird. Der Dichtsitz 17 wird wiederum von einem Rohrstück 32 gebildet auf dessen zweitem Ende ein flexibler Kunststoff-Wellenschlauch 13 aufgesteckt ist. Auf die rechtwinkelige Weiterführung 44 des Arbeitsmitteldampfkanals 4 wird ebenfalls ein Wellenschlauch 13 aus Kunststoff geschoben. Die Weiterführung 44 beginnt in einem Kunststoff-Gehäuse 33 in welchem die Dichtfläche 16 vom Dichtsitz 17 ohne Behinderung durch die Mehrschicht-Folie 7 abgehoben bzw. aufgeklappt werden kann. Die zum Klappen notwendige Hebelkraft wird über eine mit der Dichtfläche 16 verbundene Hebelstange 34 aufgebracht. Die Hebelstange 34 ist in einer geeignet zugeschnittenen Seitentasche 45 der Mehrschicht-Folie 7 eingebettet. Auch diese Seitentasche 45 ist an den Rändern 23 vakuumdicht versiegelt. Unter Vakuum wird die Dichtfläche 16 mittels der Mehrschicht-Folie 7 und Hebelstange 34 auf den Dichtsitz 17 gepresst. Eine leichte Kippbewegung auf die Hebelstange 34 aus der Zeichnungsebene verformt die Mehrschicht-Folie 7 so weit, dass der Weg für den Arbeitsmitteldampf ganz oder dosiert freigegeben werden kann. Bei optimalem Aufbau des Regelorgans 3 schließt die Dichtfläche 16 selbsttätig sobald die Kippkraft an der Hebelstange 34 wegfällt.

[0058] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausgestaltung eines geschnitten und perspektivisch dargestellten Verdampfers 2, der Wärme aus einem zu kühlenden Luftstrom aufnimmt. Der Strömungskanal 37 für den Luftstrom wird vom Verdampfer 2 selbst gebildet und aufgespannt. Hierzu wurde der ursprünglich flach hergestellte Verdampfer 2 um einen zentral angelegten Arbeitsmitteldampfkanal, der in dieser Ausgestaltung aus einem gelochten Wellenschlauch 13 gebildet wird, nach dem Evakuieren um 180° gefaltet. Die ursprünglich entgegengesetzt liegenden Siegelnähte 35 und 36 liegen sich nunmehr direkt gegenüber. Da die inneren Folienenden kürzer geschnitten sind als die äußeren, können die äußeren Enden 22 der Mehrschicht-Folie 7 nochmals verschweißt werden und auf diese Weise den hermetisch geschlossen. Strömungskanal 37 für den Luftstrom bilden. Am hinteren Ende 46 des Strömungskanals 37 wird der flache Luftstrom in eine runde Strömungsgeometrie überführt. In der gezeigten Ausgestaltung wird der Arbeitsmitteldampfkanal durch zwei Lagen eines netzförmigen Abstandhalters 11 gebildet. Die Vliese 10 stehen im thermischen Kontakt zum Strömungskanal 37.

[0059] Fig. 7 zeigt schließlich skizzenhaft den mit Sorptionsmittel gefüllten Bereich eines Kühlelementes. Die Mehrschicht-Folie 7 ist in drei Taschen 19 unterteilt, die nur durch den Arbeitsmitteldampfkanal 4 miteinander in Verbindung stehen. Der Arbeitsmitteldampfkanal 4 kann durch einen gelochten Wellenschlauch (nicht dargestellt) gebildet werden, der durch seine Wellung äußerst druckstabil und zugleich flexibel ist. Die drei Sorptions-

mittel-Taschen 19 enthalten eine Zeolithschüttung die unter Vakuum druckstabil aber unflexibel ist. In den Überströmbereichen 39, wo kein Zeolith eingefüllt ist, verbleibt die Struktur dank des flexiblen Wellenschlauchs flexibel. An diesen Überströmbereichen 39 kann das komplette Kühlelement gefaltet werden, um sich der jeweils geforderten Aufgabe optimal anpassen zu können.

10 Patentansprüche

1. Kühlelement mit einem Sorptionsmittel (1), das unter Vakuum ein dampfförmiges Arbeitsmittel sorbieren kann, das von einem flüssigen Arbeitsmittel in einem Verdampfer (2) abdampft und mit einem Regelorgan (3) in einem Arbeitsmitteldampfkanal (4) zwischen Sorptionsmittel (1) und Verdampfer (2),
dadurch gekennzeichnet, dass
das gesamte Kühlelement von einer gasdichten Mehrschicht-Folie (7) hermetisch umhüllt ist, die Mehrschicht-Folie (7) flexibel gestaltet ist und unter Unterdruck so das Regelorgan (3), den Arbeitsmitteldampfkanal (4) und den Verdampfer (2) umschließt, dass Verdampfer (2) und Arbeitsmitteldampfkanal (4) flexibel bleiben und der Arbeitsmitteldampf nur über das Regelorgan (3) zum Sorptionsmittel strömen kann.
2. Kühlelement nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Regelorgan (3) ein Ventil (6) enthält, das durch Verformen der Mehrschicht-Folie (7) betätigbar ist.
3. Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Regelorgan (3) ein Thermostatventil (8) enthält.
4. Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Thermostatventil (8) im Verdampfer (2) angeordnet ist.
5. Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Thermostatventil (8) einen Regelkörper aus Bi-Metall (9) enthält und im thermischen Kontakt zum flüssigen Arbeitsmittel steht.
6. Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Sorptionsmittel (1) Zeolith und das Arbeitsmittel Wasser enthält.
7. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-

- sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Verdampfer (2) ein Vlies (10) enthält aus dem das Arbeitsmittel abdampfen kann und einen Ab-
 standhalter (11), der zwischen Vlies (10) und Mehr- 5
 schicht-Folie (7) Arbeitsmitteldampfkanäle (4) bildet.
8. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 10
 der flexible Verdampfer (2) mehrere Innenwände ei-
 nes thermisch isolierten Behälters (12) bedeckt.
9. Kühlelement nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass 15
 mindestens eine Fläche des Verdampfers (2) klapp-
 bar ausgeführt ist.
10. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 20
 das flüssige Arbeitsmittel Substanzen enthält, die
 den Erstarrungspunkt auf +2 bis +4 °C verschieben.
11. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 25
 der Arbeitsmitteldampfkanal (4) einen flexiblen Well-
 schlauch (13) enthält. 30
12. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Arbeitsmitteldampfkanal (4) ein Schlauchstück
 (14) enthält, das durch äußere Quetschelemente ge- 35
 quetscht werden kann, um die Strömung des Ar-
 beitsmitteldampfes zu unterbinden.
13. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 40
 das Regelorgan (3) eine Dichtfläche (16) enthält, die
 von der Mehrschicht-Folie (7) auf einen Dichtsitz (17)
 gepresst wird. 45
14. Kühlelement nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein thermisch isolierter Behälters (12, 60) über eine
 Wärmequelle (18, 48) verfügt, die seinen Innenraum
 bei tieferen Umgebungstemperaturen erwärmt. 50
15. Kühlelement nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass 55
 die Wärmequelle (18, 48) Eisenpulver enthält, das
 bei Zutritt von Luftsauerstoff eine exotherme Reak-
 tion unterhält.
16. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
- sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Wärmequelle (48) von einer gasdichten Folien-
 hülle (49) umgeben ist und der Zutritt von Luftsau-
 erstoff über einen Luft-Thermostat (54) geregelt
 wird.
17. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Luft-Thermostat (54) bei Umgebungstemperatu-
 ren unterhalb der geforderten Nutzraumtemperatur
 geöffnet ist und frische Luft zum Eisenpulver strö-
 men lässt und bei Umgebungstemperaturen ober-
 halb der Nutzraumtemperatur keine frische Luft ein-
 strömen lässt.
18. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die gasdichte Folienhülle (49) neben einer Eintritts-
 Öffnung (50) auch eine Austritts-Öffnung (51) für
 sauerstoffarme Luft aufweist.
19. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Austritts-Öffnung (51) während der Lagerzeit
 verschlossen ist und zum Start der Wärmequelle
 (48) geöffnet wird.
20. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die isolierte Box 60 einen Lüftungskanal 59 zum Aus-
 tritt sauerstoffarmer Luft enthält.
21. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Sorptionsmittel (1) in mehreren Partien (19) in-
 nerhalb der Mehrschicht-Folie (7) angeordnet ist und
 die Partien (19) gegeneinander beweglich bleiben
 und über flexible Arbeitsmitteldampfkanäle (4) vom
 Arbeitsmitteldampf erreichbar sind.
22. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Arbeitsmitteldampfkanal (4) aus flexiblen Kunst-
 stoffnetzen (20) gebildet wird, die einen ausreichen-
 den Querschnitt für die Arbeitsmitteldampfströmung
 offen halten.
23. Kühlelement nach einem der vorangehenden An-
 sprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 an der Mehrschicht-Folie (7) im Außenbereich des

Verdampfers (2) ein Luftkanal (21) vorgesehen ist, über den in den Verdampfer (2) Wärme aufgenommen werden kann.

- 24.** Verfahren zum Evakuieren eines Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet, dass
die Mehrschicht-Folie (7) im Bereich einer Sichel-
naht einen Abstandhalter (11) aus Polypropylen ent-
hält über den eine Vakuumpumpe den Innenraum 10
des Kühlelements evakuiert und dass nach dem
Evakuieren der Abstandhalter (11) soweit erhitzt
wird, dass er mit der Siegelschicht der Mehrschicht-
Folie (7) verschmilzt und ein gasdichtes, evakuiertes
Kühlelement bildet. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

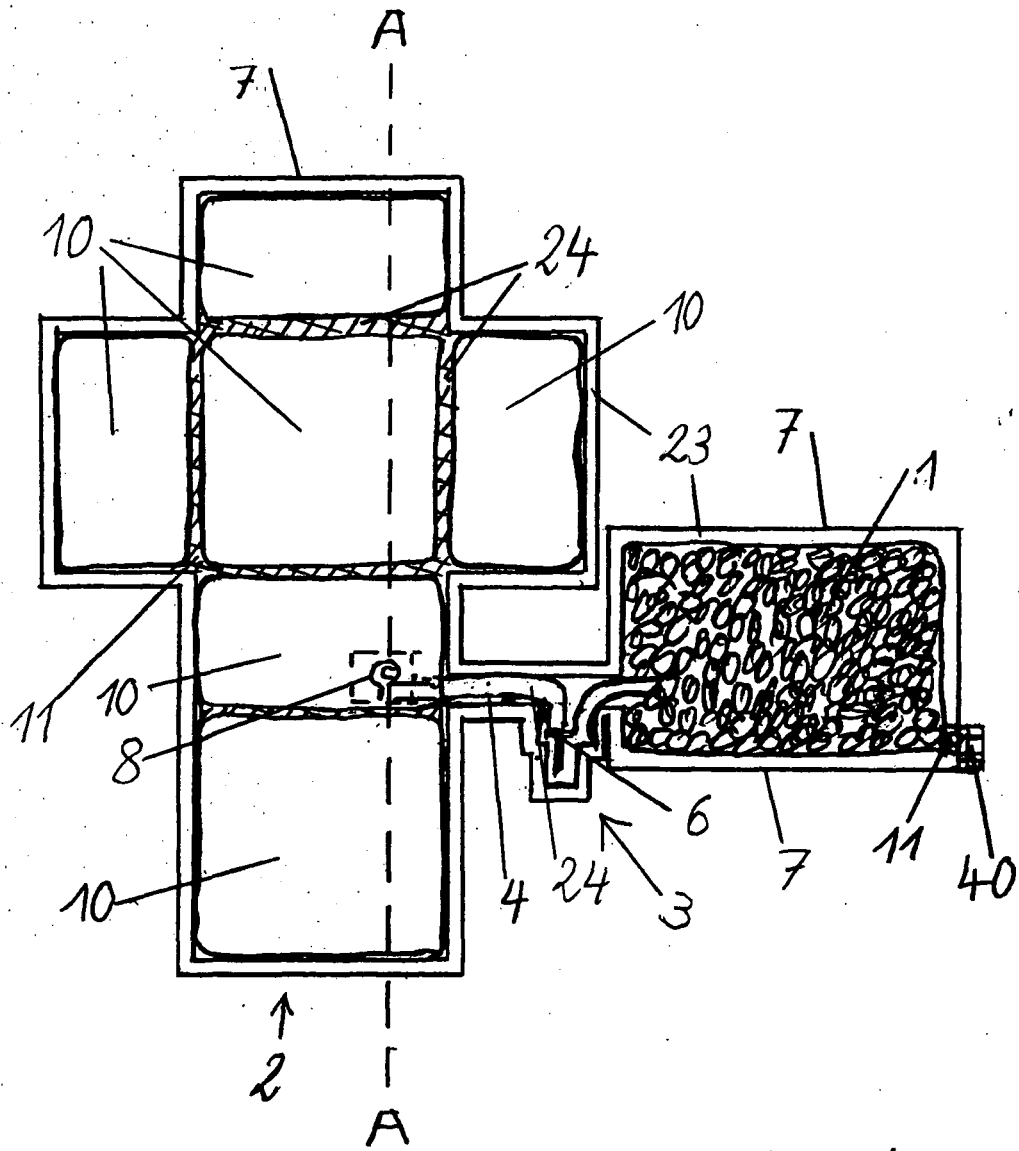
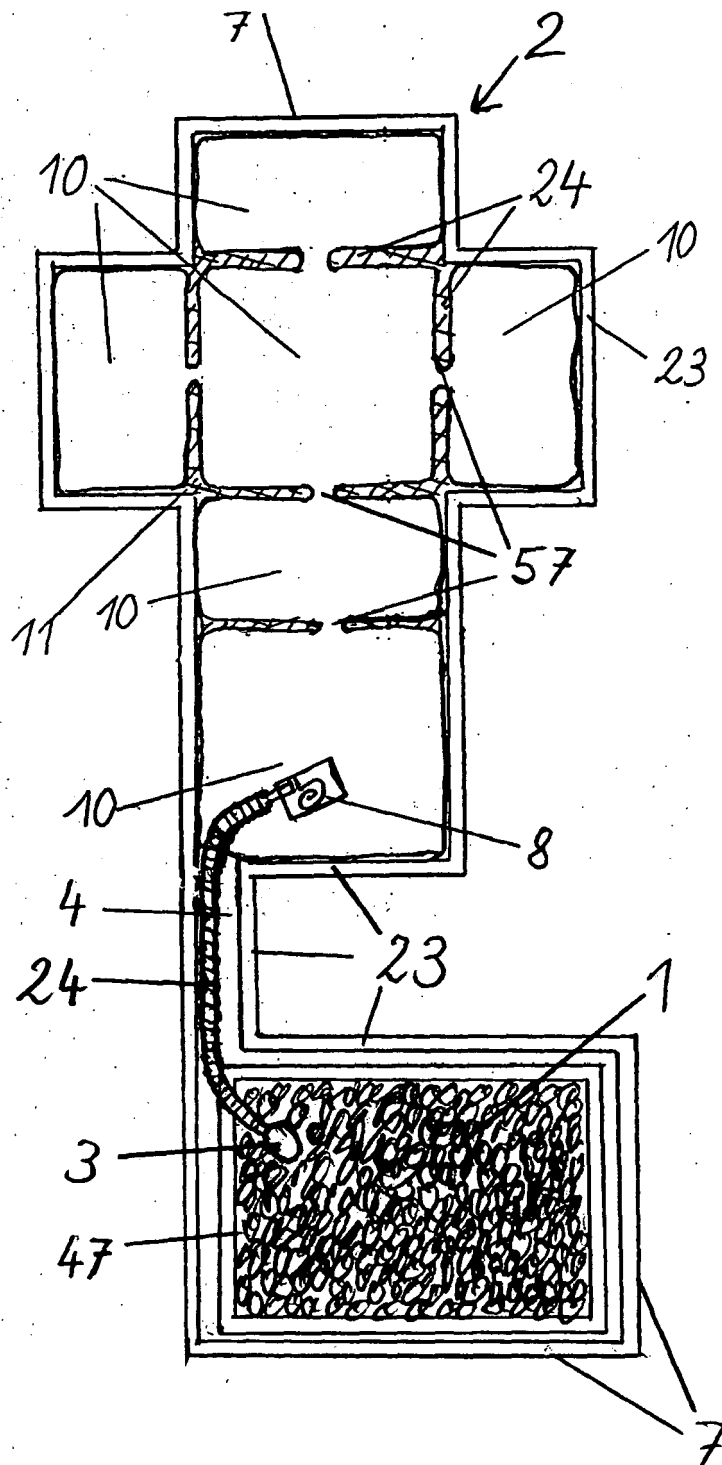


Fig. 1



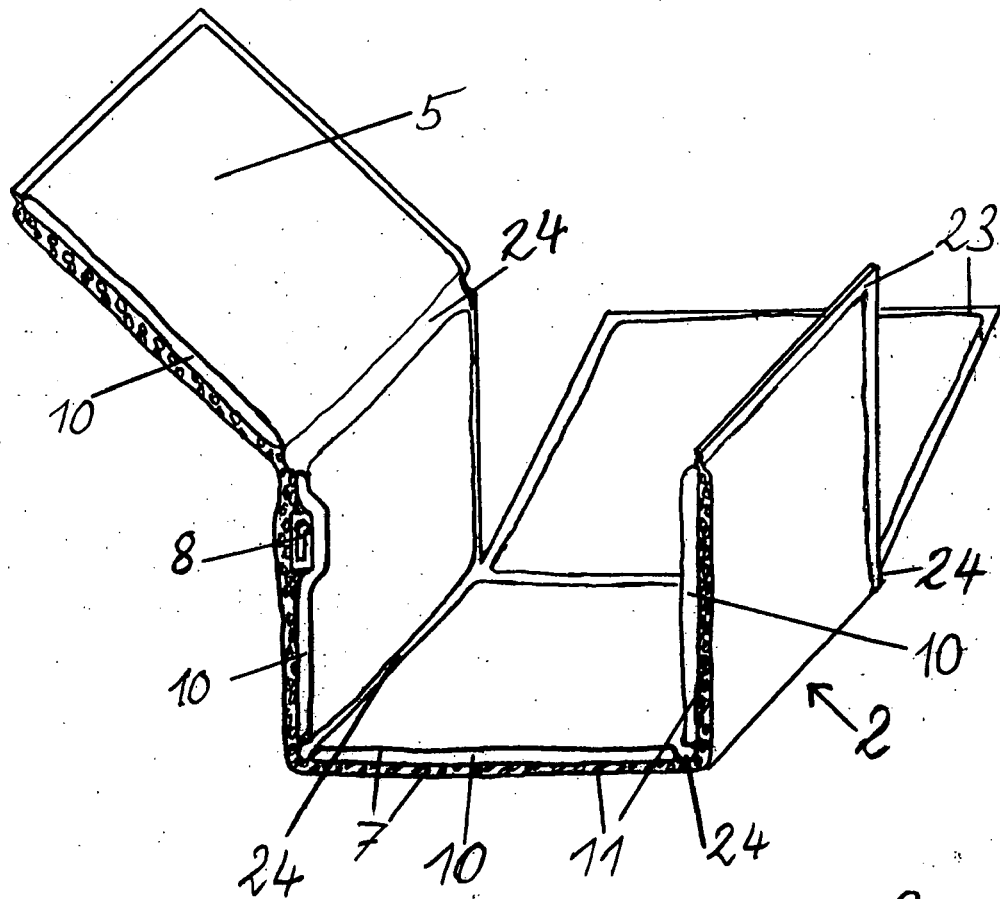


Fig. 2

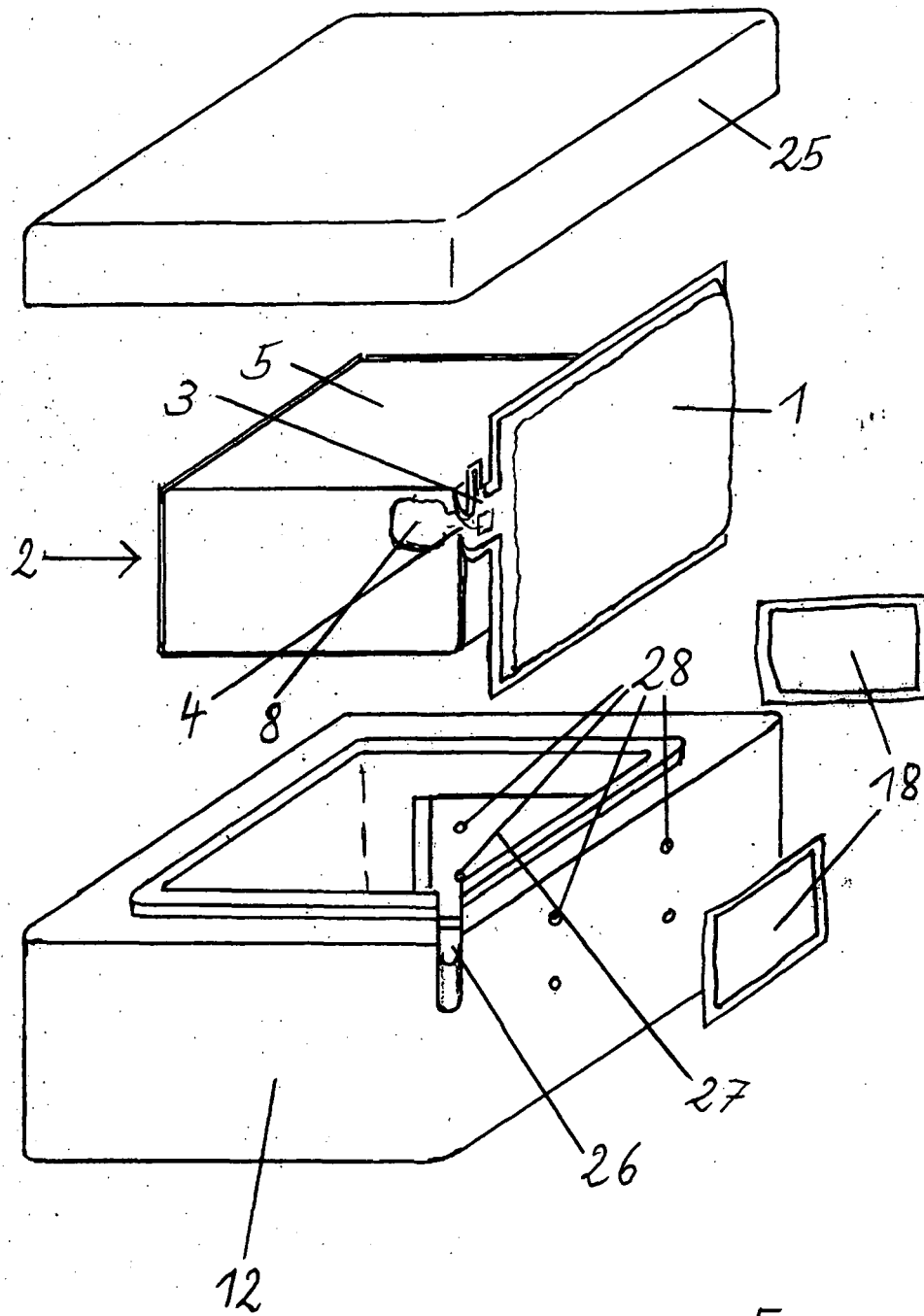


Fig. 3

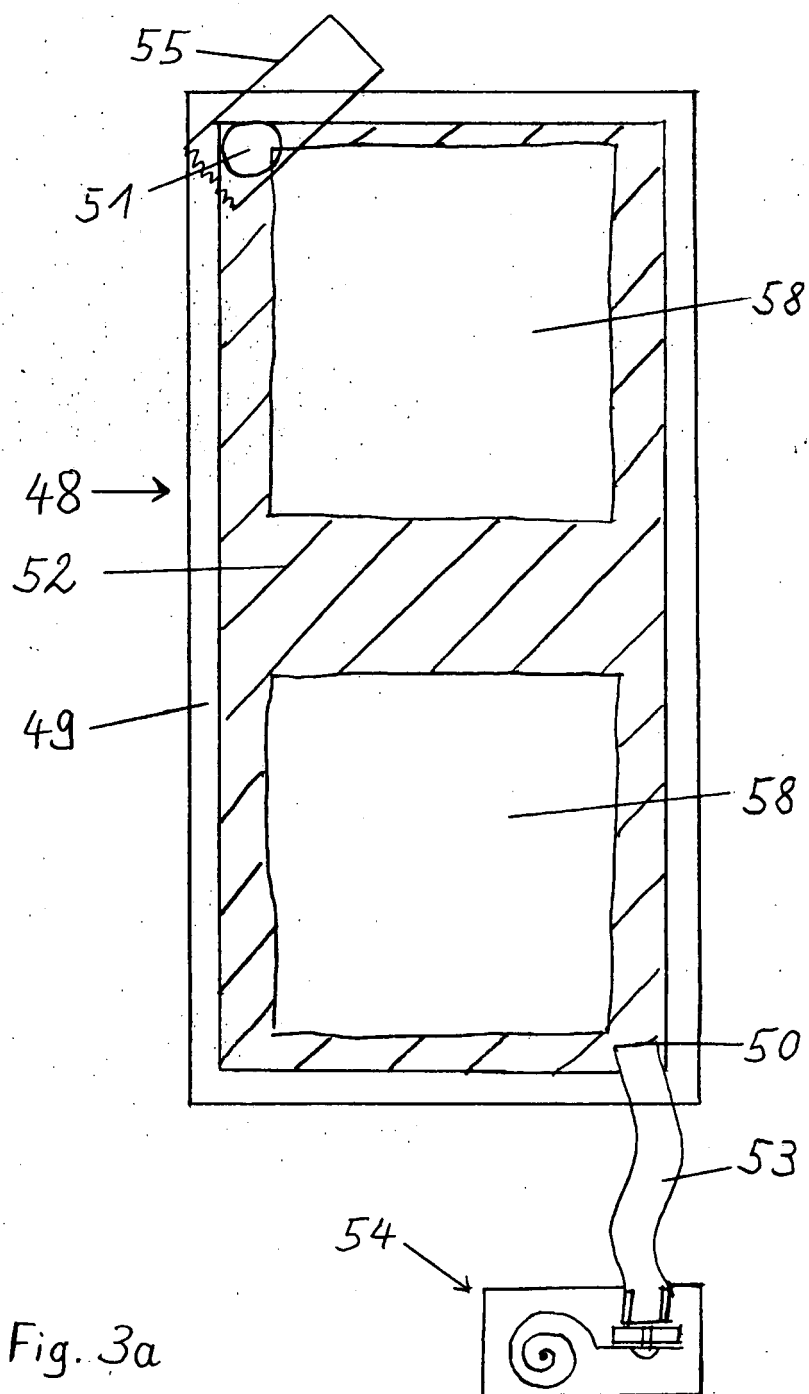


Fig. 3a

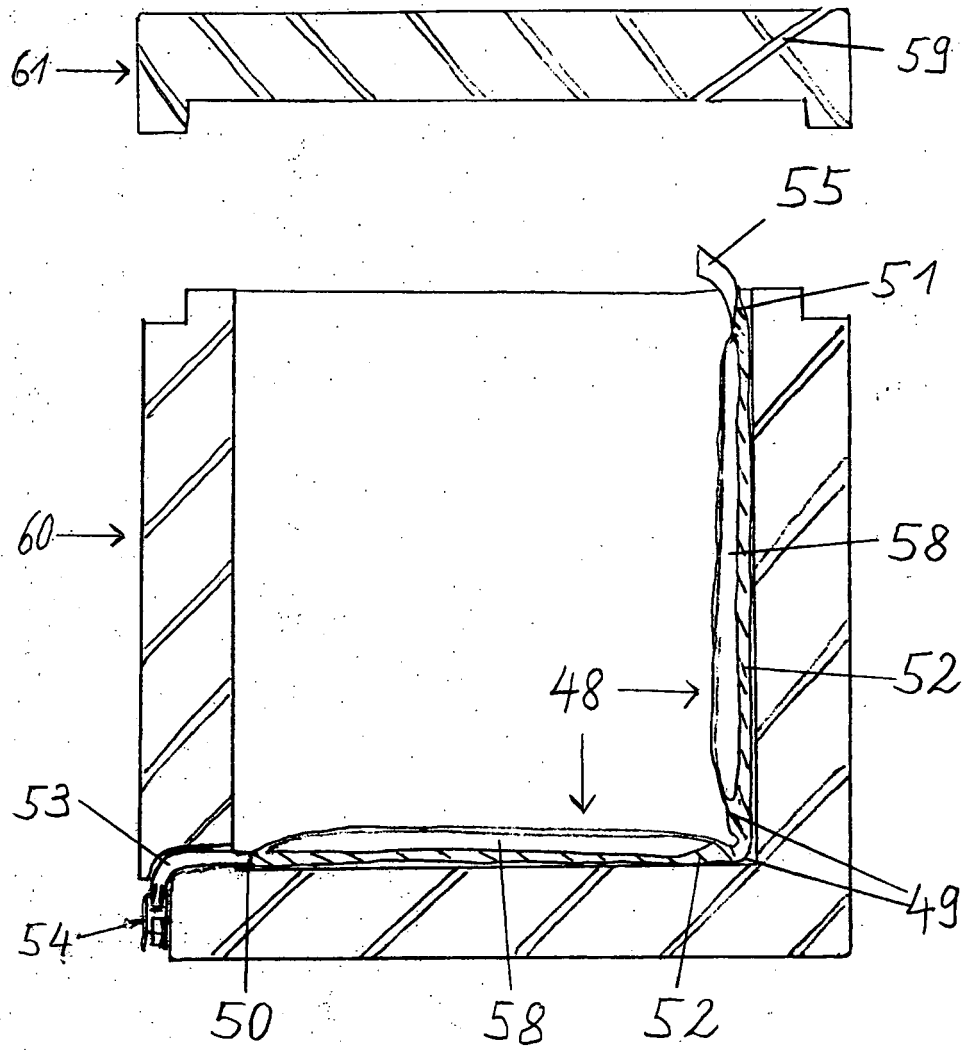
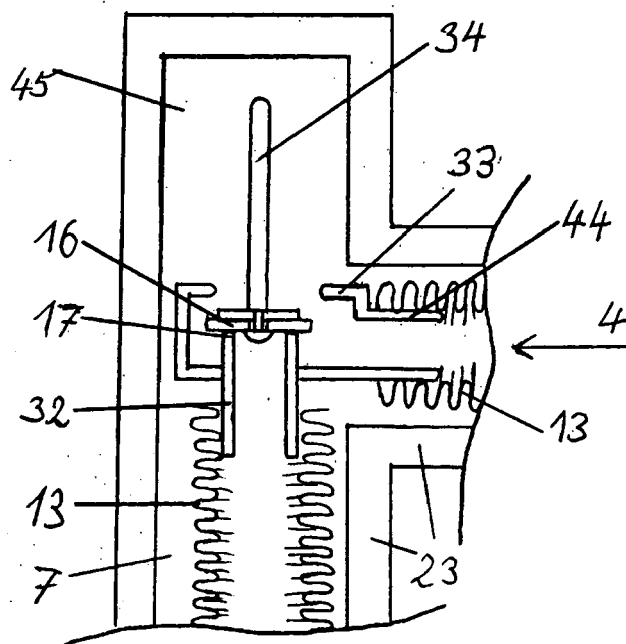
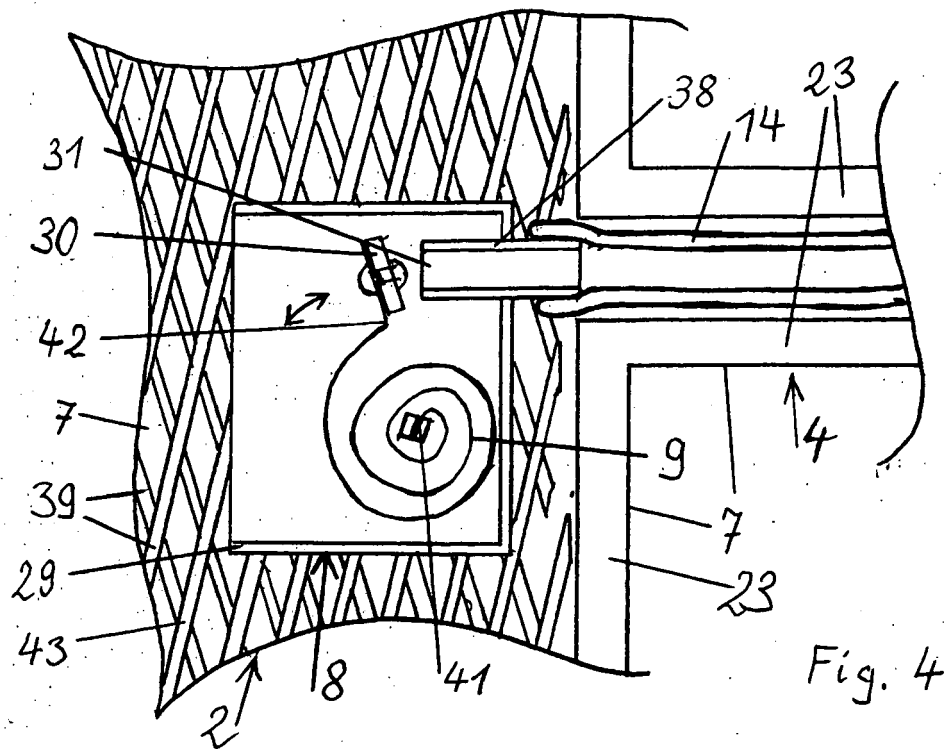
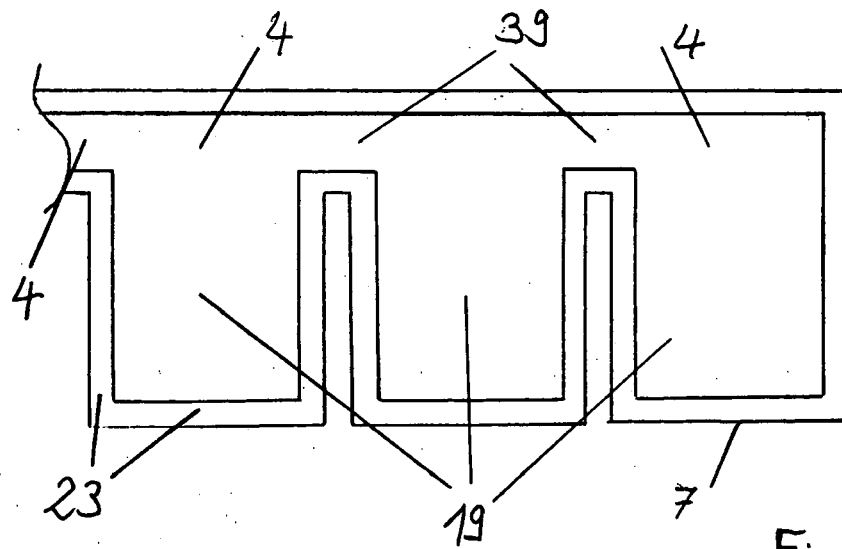
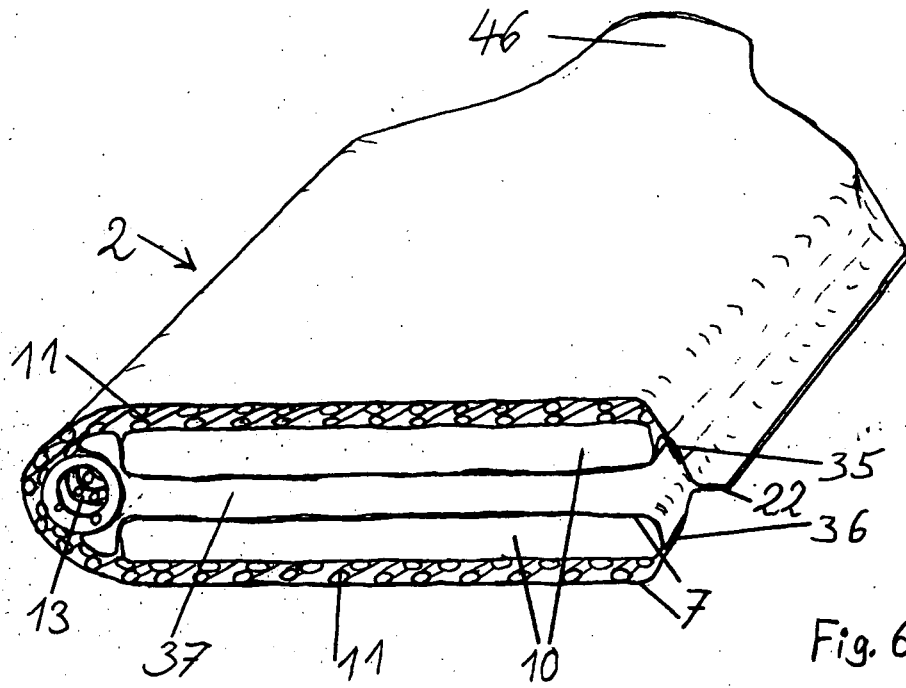


Fig. 3b





IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0368111 A [0003]
- DE OS3425419 A [0003]
- WO 0110738 A1 [0004]
- WO 9937958 A1 [0005]
- US 6474100 B1 [0006]
- DE 102005034297 A1 [0007]