

(19)



(11)

EP 2 439 467 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.04.2012 Patentblatt 2012/15

(51) Int Cl.:

F25B 17/08 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **11007777.3**(22) Anmeldetag: **23.09.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(30) Priorität: **05.10.2010 DE 102010047371**(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)**• **Becky, Andreas****85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn (DE)**• **Binnen, Manfred****80933 München (DE)**• **Richter, Gert****02943 Boxberg / O.L. (DE)**• **Weinzierl, Norbert****85354 Freising (DE)**• **Wörz, Reiner, Dipl.-Ing.****85293 Reichertshausen (DE)**• **Berrang, Bianca****85716 Unterschleissheim (DE)****(54) Sorptions-Kühlelemente**

(57) Kühlelement (20) zur Kühlung eines Gefäßes (30) mit einer Füllmenge an Sorptionsmittel (10), das unter Vakuum ein dampfförmiges Arbeitsmittel sorbieren kann, das von einer flüssigen Arbeitsmittelmeng in einem Verdampfer (3) abdampft und mit einer Einspeisevorrichtung (40), die bei Beginn eines jeden Kühlvorgangs eine portionierte Arbeitsmittelmeng in den Verdampfer einströmen lässt und wobei die Einspeisevorrichtung (40) bei jedem Kühlvorgang die in den Verdamp-

fer (3) einströmende Arbeitsmittelmeng auf maximal ein Viertel der vom Sorptionsmittel (10) bei $T = 50^\circ\text{C}$ und $p = 6 \text{ mbar}$ maximal aufnehmbaren Arbeitsmittelmeng begrenzen lässt und die im Kühlelement (20) vorhandene Arbeitsmittelmeng mindestens vier aufeinanderfolgende Kühlvorgänge ermöglicht und wobei der Verdampfer (3) zur Wärmeaufnahme aus andockbaren Gefäßen (30) mit einer flexiblen Wärmetauscherfläche ausgestattet ist, die mittels lösbarer Pressmittel (27) auf die nacheinander angedockten Gefäße (30) gepresst wird.

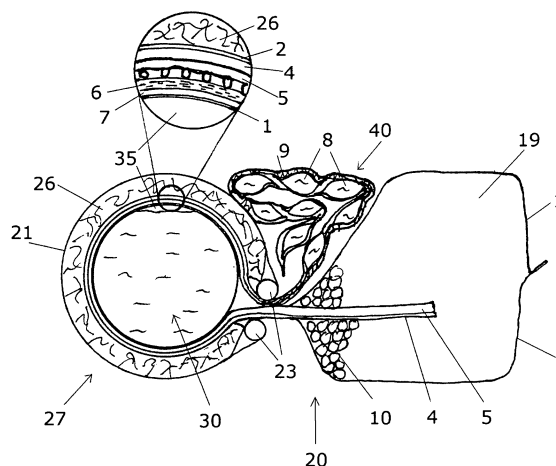


Fig. 5

EP 2 439 467 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Sorptions-Kühlelemente für zylindrische Gefäße mit einer gasdichten Mehrschichtfolie zur Kühlung von Gefäßen bei welchen durch Verdampfung eines Arbeitsmittels und Sorption des Arbeitsmittel-dampfes in einem Sorptionsmittel unter Vakuum Kälte erzeugt wird und Verfahren zur Herstellung und zum Starten dieser Kühlelemente.

[0002] Adsorptionsvorrichtungen sind Apparate, in denen ein festes Adsorptionsmittel ein zweites, bei tieferen Temperaturen siedendes Mittel, das dampfförmige Arbeitsmittel, unter Wärmedisposition sorbiert (Sorptionsphase). Das Arbeitsmittel verdampft dabei in einem Verdampfer unter Wärmedisposition.

[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 Wärmedisposition. Diese 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] Ähnliche Lösungsvorschläge sind z.B. in der EP 01902261, der US 5,197,302 oder der WO 2007/006065 offenbart. Allen gemeinsam ist die Verwendung von Dampfventilen und der Einsatz von Wärmesenken, um den Temperaturanstieg des Sorptionsmittels gering zu halten. Bei erhöhter Temperatur sinkt nämlich die Fähigkeit der Sorptionsmittel erheblich, weiteres Arbeitsmittel anzulagern. Um den Einsatz von relativ teurem und ebenso voluminösem Sorptionsmittel gering zu halten, sind Materialien wie PCM (Phase Change Material) unumgänglich.

[0006] Das Massenverhältnis zwischen Sorptionsmittel und PCM liegt bei 1:1,5; d.h. auf eine Masse von 100 g aktivem Sorptionsmittel sind 150 g PCM zuzumischen. Die Gesamtmasse beträgt somit 250 g. Hinzu kommen noch Gehäusebauteile, ein Ventil und das Arbeitsmittel. Im Falle von Zeolith und Wasser kann diese Gesamtmasse von mindestens 250 g lediglich ca. 15 g Wasser adsorbieren. Die maximal damit erzeugbare Kältemenge beläuft sich auf 37 KJ. Selbst wenn diese Kältemenge verlustfrei auf ein Getränk übertragen werden würde, kann damit eine Dose mit 330 ml Inhalt um maximal 27

K abgekühlt werden. Bei allen bekannten technischen Lösungen erreicht folglich das zusätzlich Volumen und das zusätzliche Gewicht nahezu die des zu kühlenden Getränkes. Die Kosten für die Kühlung übersteigen somit leicht die Kosten für das Getränk.

[0007] 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 dazwischen liegende 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.

[0008] Die EP 08008007 beschreibt schließlich Kühlelemente zur Abkühlung einer Glasflasche von 25°C auf 10°C innerhalb einer Zeitspanne von 20 Minuten. Das Arbeitsmittel ist dabei in zwei separaten Teilmengen eingebracht. Eine Kühlung ist damit zweimal möglich. Die Glasflasche ist von dem Kühlelement abtrennbar.

[0009] Aufgabe der Erfindung sind kostengünstige Sorptions-Kühlelemente sowie Verfahren zu deren Herstellung und zum Kühlen.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1. Die abhängigen Ansprüche zeigen weitere erfinderische Vorrichtungen und Verfahren auf.

[0011] Das erfindungsgemäße Kühlelement verwendet keine Wärmespeichermaterialien. Die freiwerdende Adsorptionswärme wird vielmehr in einer mindestens vierfach überhöhten Sorptionsmittelmenge gepuffert. Damit wird zwar der vierfache Kosten- und Volumenbedarf an Sorptionsmaterial notwendig, andererseits können die Kühlelemente aber nicht nur einmal sondern mindestens viermal nacheinander kühlen, sofern zwischendurch eine Wärmeabgabe an die Umgebung erfolgte. Mit einem erfindungsgemäßen Kühlsystem können vier Getränkedosen gekühlt werden. Um vier Getränke mit dem Stand der Technik zu kühlen, sind vier separate Kühlsysteme notwendig. Die Erfindung spart somit die gesamte, zusätzliche Wärmespeichermasse, drei Verdampferstrukturen, drei Ventile sowie die notwendigen Verbindungs- und Isolationselemente. Bezogen auf das gekühlte Getränkevolumen bedeutet dies eine deutliche Material- und Kosteneinsparung. Der Anwender ist zudem frei, die zu kühlende Getränkedose selbst auszuwählen und zu kühlen. Gefäß und Kühlung bilden bei der Erfindung keine untrennbare Einheit.

[0012] Da erfindungsgemäß mindestens vier Gefäße gekühlt werden können, ist es notwendig auch vier Gefäße nacheinander an das Kühlsystem anzudocken und nach dem Kühlvorgang wieder leicht zu entfernen. Erfindungsgemäß erfolgt dies durch eine flexible Verdampfergeometrie und mittels Pressmittel, die den Verdampfer gut wärmeleitend auf die zylindrischen Außenflächen der Gefäße pressen.

[0013] Erfindungsgemäß sind das Sorptionsmittel, der Verdampfer und die Einspeisevorrichtung von einer Mehrschichtfolie eingehüllt. Der Verdampfer enthält mindestens ein Vlies und ein flexibles, dampfdurchlässiges Strukturmaterial. Beide zusammen bilden unter Vakuum eine möglichst glatte, biegsame Bauform, die passgenau und großflächig an das zu kühlende Gefäß angepresst werden kann. Das Strukturmaterial verteilt beim Start der Kühlung das flüssige Arbeitsmittel großflächig im Vlies und lenkt den Arbeitsmitteldampf in das Sorptionsmittel. Erfindungsgemäß lässt das Strukturmaterial einen Strömungsquerschnitt offen, der so bemessen ist, dass das Arbeitsmittel im Vlies während des Kühlprozesses normalerweise nicht gefrieren kann. Dies ist insbesondere beim Arbeitsmittel Wasser zu beachten. Eis reduziert erheblich den Wärmeübergang vom Gefäß in den Verdampfer. Ein zu enger Strömungsquerschnitt begrenzt aber die Kühlleistung. Die Kühldauer wird dann erheblich länger. Ideal sind somit Verdampfungstemperaturen zwischen 7 und 0°C. Der ideale Strömungsquerschnitt ist dann gegeben, wenn bei warmen Gefäßfüllungen (über 30°C) die anfängliche Verdampfungstemperatur bei etwa 7°C liegt und dann auf bis zu 0°C abfällt, wenn das Gefäß weiter abgekühlt ist.

[0014] Durch den Einsatz eines kostengünstig herzustellenden Strukturmaterials kann zum einen ein flexibler Aufbau des Verdampfers realisiert werden, der sich insbesondere zylindrischen Geometrien optimal anpassen lässt. Zum anderen kann der notwendige Strömungskanal vom Verdampfer zum Sorptionsmittel im erforderlichen Querschnitt realisiert werden. Um eine ausreichend schnelle Abkühlung zu erreichen, muss der Strömungsquerschnitt mindestens eine Fläche von 1 cm² aufweisen. Bei Wasser als Arbeitsmittel kann damit eine Kälteleistung von bis zu 50 Watt erzielt werden.

[0015] Die für die gasdichte Vakuumhülle eingesetzte Mehrschichtfolie umschließt alle für den Betrieb und die Lagerzeit notwendigen Komponenten. Sie kann einstückig gefertigt werden und gewährt unter Vakuum den innenliegenden flexiblen Komponenten die notwendige Biegefreiheit. Mit einer Aluminium-Sperrschicht in der Mehrschichtfolie sind Lagerzeiten von über zwei Jahren möglich, ohne dass während dieser Zeitspanne eine zu große Gasmenge durch die Folie diffundiert.

[0016] Zum schnellen Abkühlen von Flüssigkeiten innerhalb der Gefäße wird erfindungsgemäß die Verdampferfläche des Kühlelementes auf die äußere Oberfläche des Gefäßes gepresst. Der Verdampfer ist hierfür flexibel ausgeführt und die kalte Verdampferfläche mittels separater, elastischer Pressmittel flächig auf die äußere Oberfläche des Flüssigkeitsbehälters gepresst, um einen großen Teil der mitunter strukturierten Oberfläche des Behälters zum Wärmetausch zu nutzen.

Als Pressmittel eignen sich z.B. lösbare Klebebänder, Gummibänder oder Klettverschlüsse jeglicher Art. Beim Anlegen des Kühlelementes an die Gefäße ist darauf zu achten, dass der Wärmeübergang nicht durch Spalte und Falten im Folienmaterial unnötig beeinträchtigt wird.

[0017] Innerhalb des Verdampfers können vorteilhaft flexible Strukturmaterialien aus Kunststoff eingesetzt werden, die der jeweiligen Kühlaufgabe angepasst sind. Voraussetzung ist allerdings, dass die Strukturmaterialien während der Lagerzeit nicht ausgasen und dadurch das Vakuum verschlechtern. Von Vorteil ist, wenn Polycarbonat (PA), Polyethylenterephthalat (PET) oder Polypropylen (PP) zum Einsatz kommen, da diese Werkstoffe vor bzw. während des Fertigungsprozesses auf höhere Temperaturen erhitzt und dabei entgast wurden. Strukturmaterialien aus Kunststoff können nach den üblichen Fertigungsverfahren wie Tiefziehen, Extrudieren, Weben oder Blasen kostengünstig hergestellt werden. Vorteilhafter Weise ist bei dem Herstellungsprozess darauf Wert zu legen, dass keine später ausgasenden Stoffe wie etwa Weichmacher oder Farbstoffe zugesetzt werden. Besonders wirksam haben sich auch extrudierte Netze und Gitter aus Polypropylen erwiesen, die ein- oder mehrlagig eingesetzt, zum einen die notwendige Flexibilität gegenüber einer Verformung und zum anderen die Steifigkeit gegenüber dem von außen über die Mehrschichtfolie anliegenden Luftdruck gewähren. Besonders geeignete Strukturmaterialien aus Polypropylen werden von der Firma Tenax Deutschland vertrieben. Das Produkt OS 102 ist ein rautenförmiges Gitter, das ideale Geometrien für den in Gitterebene strömenden Arbeitsmitteldampf offen lässt und die von außen anliegende Mehrschicht-Folie abstützt. Ein- oder mehrlagige Schichten aus diesem Gitter lassen sich als Strukturmaterial besonders vorteilhaft einsetzen. Um sehr glatte Wärmetauscheroberflächen und ausreichend große Strömungsquerschnitte sicher zu stellen, kann es vorteilhaft sein zwischen Vlies und Strukturmaterial zusätzlich ein feinstrukturiertes, festes Gewebe bzw. Gewirk aus Polyester einzulegen. Damit können gegebenenfalls glattere Oberflächen gegenüber dem Gefäß erreicht werden. Auf der dem Vlies abgewandten Seite kann ebenfalls eine stabilisierende Deckplatte eingelegt sein, um zu weite Trägerabstände des Strukturmaterials gegenüber dem äußeren Atmosphärendruck zu überbrücken. Vorteilhaft haben sich für die Deckplatte PP-Folien mit einer Stärke von ca. 0,5 mm erwiesen. Generell sollte aber das Strukturmaterial aus einem Stück bestehen und alle Stützfunktionen selbsttragend erfüllen.

[0018] Als Gefäße werden alle gebräuchlichen Gebinde wie Flaschen, Dosen, Fässer, Beutel, Kannen usw. verstanden, die zur Aufnahme von Flüssigkeiten wie Getränken, Medikamenten aber auch chemischen Produkten dienen. Selbstverständlich kann das Gefäß auch feste oder rieselfähige Produkte enthalten. Grundsätzlich muss es gegenüber seiner gewohnten Form und Ausstattung nicht verändert werden. Somit können auch alle bisher üblichen Herstellungsverfahren, Abfüllvorrichtungen und Vertriebswege für die Gefäße unverändert beibehalten werden.

[0019] Erfindungsgemäß wird der Verdampfer samt innenliegendem Strukturmaterial und Vlies um den zylindrischen Außenmantel der Gefäße gepresst. Da der

Innenradius der alles umhüllenden Mehrschichtfolie damit kleiner als der Außenradius ist, ist besonders darauf zu achten, dass der daraus resultierende Unterschied zwischen Außen- und Innenumfang von der Foliengeometrie aufgenommen wird. Um entlang des kürzeren Innenumfangs Falten zu vermeiden, wird der Folienzuschnitt entlang des Gefäßmantels segmentweise breiter ausgeführt als dies geometrisch nötig wäre. Das überstehende Folienmaterial kann dann die Längenunterschiede durch Faltenschlag in diesem Bereich ausgleichen. Die für den Wärmeübergang relevanten Kontaktflächen bleiben faltenfrei. Diese Ausgleichsflächen zur Aufnahme der Längenunterschiede können im Laufe des Fertigungsprozesses in weniger störende oder nicht sichtbare Bereiche umgeknickt werden.

[0020] Sorptionsmittel können beim Sorptionsprozess Temperaturen von über 100°C erreichen. Für derartig hohe Temperaturen sind die üblicherweise auf dem Verpackungssektor eingesetzten Mehrschichtfolien weniger geeignet. Insbesondere die für die Versiegelung häufig eingesetzten Polyethylen-Schichten werden bereits bei 80°C weich und lassen die Hülle unter Vakuum undicht werden. Siegelschichten aus Polypropylen können hingegen deutlich höheren Temperaturen widerstehen. Ihr Schmelzpunkt liegt bei über 150°C. Bei höheren Temperaturen können scharfe Kanten am Sorptionsmittel und Strukturmaterial leicht zu unzulässigen Leckagen führen. Dieser Gefahr kann erfindungsgemäß durch Polyamid- und/oder Polyester-schichten innerhalb der Mehrschichtfolie begegnet werden. Polyester- und Polyamidfolien sind besonders reiß- und stichfest. Die eigentliche Gasbarriere wird durch eine Lage dünner Metallfolien oder metallisierter Schichten sicher gestellt. Bewährt haben sich hierfür dünne Aluminiumfolien mit einer Schichtdicke ab 7 µm. Weniger dicht sind metallisierte Kunststofffolien. Dennoch ist bei kurzen Lagerzeiträumen auch der Einsatz dieser metallisierten Folien möglich, zumal sie gegenüber den Metallfolien preiswerter sind. Die einzelnen Schichten einer Mehrschichtfolie sind durch Kleber miteinander verbunden. Handelsübliche Kleber enthalten Lösungsmittel, die beim Verkleben nicht restlos aus der Kleberschicht entfernt werden. Über längere Zeiträume hinweg diffundieren diese Lösungsmittel dann durch die innenliegenden Schichten, insbesondere die Polypropylenschicht, 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 und Vakuum ausgelegt sein.

Erfindungsgemäß kommen Mehrschichtfolien mit Polyester- oder Polyamidschichtdicken von 12 bis 50 µm, einer Aluminiumschichtdicke von mindestens 7 µm und einer Polypropylenschichtdicke von 50 bis 100 µm zum Einsatz. Verwendung finden derartige Folien z. B. beim Verpackung von Lebensmitteln, die nach dem Abpacken zur Haltbarmachung bei Temperaturen von ca. 120°C

sterilisiert werden.

Noch stabilere Mehrschichtfolien erhält man, wenn eine weitere ca. 15 µm dicke Polyester- oder Polyamidschicht zwischen der Aluminium- und der Polypropylenschicht verklebt ist. Scharfe oder spitze Sorptionsmittelteilchen können dann nicht bis zur Gasbarriere, der Aluminiumschicht vordringen.

[0021] Beim Abfüllen von festem Sorptionsmittel in Beuteln entsteht Staub, der sich an den Folieninnenseiten ablagert. Staub auf den späteren Schweißstellen kann zu Leckagen führen, wenn die Staubschicht gegenüber der Polypropylenschicht zu dick ist. Polypropylenschichtdicken von 50 bis 100 µm reichen aus, um feine Staubkörnchen in die Polypropylenschicht sicher und vakuumdicht einzuschmelzen.

[0022] 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. Die Siegelnähte sollten deshalb eine Breite von mindestens 5 noch besser aber 10 mm aufweisen.

[0023] Erfindungsgemäße Mehrschichtfolien sind z. B. über die Firmen Cellpack, Schweiz oder Pawag, Österreich zu beziehen. Beim Einsatz derartiger Folien sind Kühlelemente mit einer Leckrate von weniger als 1x10 hoch-7 mbarl/sec möglich. Die Lagerfähigkeit erreicht damit mehrere Jahre, ohne dass die Kühlwirkung eingeschränkt wird.

[0024] Das Verschweißen von Mehrschichtfolien zu Beuteln und das Abfüllen von Schüttgut sowie das anschließende Evakuieren sind in der Lebensmittelbranche Stand der Technik.

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

Bewährt haben sich allerdings Beutelgeometrien ohne Abzweigungen oder Folienüberlappungen. Insbesondere einfache Schlauchgeometrien sind fertigungstechnisch zu bevorzugen. Erfindungsgemäß wird bei der Fertigung von einem schlauchförmigen Folienbeutel ausgegangen, dessen Längsseiten strukturiert sein können, um die Ausgleichsflächen für Falten oder die Aufnahme des Sorptionsmittels zu erlauben. Im mittleren Bereich des Folienschlauches ist Platz für den Verdampfer vorgesehen, während in den beiden gegenüberliegenden Schlauchenden das Sorptionsmaterial und die Einspeisevorrichtung untergebracht sind.

[0025] Als Sorptionsmittel kommt vorteilhaft Zeolith zum Einsatz. Dieser kann in seiner regelmäßigen Kristallstruktur bis zu 36 Massenprozent Wasser reversibel

sorbieren. Bei der erfindungsgemäßen Anwendung beträgt die technisch realisierbare Wasseraufnahme zwischen 16 und 20 Massenprozent, da das Sorptionsmittel nicht absolut trocken eingefüllt wird. In der Praxis ist von einem Feuchtegehalt von über 3 Massenprozent vor dem ersten Kühlschritt auszugehen. Während eines Kühlprozesses steht das Sorptionsmittel mit Wasserdampf von ca. 7 mbar (Verdampftemperatur ca. 1 °C) im Kontakt. Zeolithe adsorbieren unter Wärmedefreisetzung Wasserdampf bis zum thermodynamischen Gleichgewicht. Das Gleichgewicht ist dann erreicht, wenn die maximale Zeolithtemperatur unter dem herrschenden Dampfdruck erreicht ist. Beim ersten Kühlschritt erhitzen sich handelsübliche Zeolithe ohne Wärmeentnahme und unter 7 mbar Wasserdampfdruck auf maximal 125 °C. Die maximal adsorbierbare Wasserdampfmenge beträgt dann 4 Massen-%. Zusammen mit der Anfangsbeladung ergibt dies eine Zwischenbeladung von ca. 7 Massenprozent. Nach einer anschließenden Abkühlphase kann die nächste Adsorptionsphase gestartet werden. Auch diesmal steigt die Temperatur an, aber nur noch auf ca. 98 °C. Die adsorbierte Wasserdampfmenge beträgt aber wiederum ca. 4 Massenprozent. Obwohl beim zweiten Kühlschritt weniger Adsorptionswärme im Sorptionsmittel gepuffert werden konnte (Erwärmung nur auf 98 °C und nicht auf 125 °C), sind ebenfalls ca. 4 Massenprozent Wasserdampf adsorbiert werden. Die Erklärung liegt darin, dass zum einen bei stärkerer Vorbeladungen, die Adsorptionswärme geringer ist und zum anderen darin, dass auch die größere Wasserbeladung selbst mehr Pufferwärme aufnehmen kann.

Beim dritten Kühlprozess sind die Abläufe ähnlich. Auch hier werden ca. 4 Massenprozent Wasser neu aufgenommen, obwohl die Temperatur der Zeolithfüllung nur noch auf ca. 79 °C ansteigt. Die Ursache der ähnlich großen Wasseraufnahme ist auch hier auf die nochmals größere Wasservorbeladung und die nochmals geringere Adsorptionswärme zurückzuführen. Auch beim vierten Kühlprozess werden wiederum bis zu 4 Massenprozent Wasserdampf adsorbiert, obwohl die Temperaturerhöhung bei 60 °C zum Erliegen kommt. Allen Messdaten lag jeweils eine Sorptionsmittelanfangstemperatur von 25 °C zu Grunde.

[0026] Theoretisch wäre auch noch eine weitere, allerdings geringere Wasseraufnahme möglich. Praktisch ist jedoch damit ein ausreichendes Kühlergebnis nur nach längerer Wartezeit erreichbar, wenn zusätzliche Adsorptionswärme über die Behälterwände aus dem Kühlelement abgeführt werden kann.

[0027] Erfindungsgemäß wird demzufolge die minimal eingesetzte Sorptionsmittelmengemenge nach der geforderten Kühlmenge eines einzelnen Kühlschrittes ausgelegt. Für die schnelle Kühlung einer 250 ml Getränkedose mit einem erfindungsgemäßen Kühlelement sei dies im folgenden beispielhaft dargestellt:

Der Doseninhalt (250 ml) soll von 30 °C auf 5 °C in etwa 12 Minuten gekühlt werden. Für eine Tempera-

turabsenkung um 25 K sind, zusammen mit Verlusten an die Umgebung, Abkühlen von Gefäß- und Verdampfermassen und inneren Irreversibilitäten (inhomogene Wässerverteilung, mitgerissene Wassertropfen usw.) 32 kJ an Verdampfungskälte bereitzustellen. Erreicht wird diese Kältemenge durch die Verdampfung von 13 g Wasser. Bei einer maximalen Wasseraufnahme von 4 Massenprozent sind demzufolge ca. 325g Zeolith bereitzustellen. Mit dieser Zeolithmenge sind auch die weiteren drei Kühlvorgänge möglich, sofern zwischendurch genügend Zeit für die Wärmeabgabe an die Umgebung erfolgt.

Aus den Ergebnissen folgt auch, dass jede beliebige Zahl von Abkühlungen oberhalb von vier durch eine geringe Erhöhung der Zeolithmenge realisiert werden kann. Erhöht man die Zeolithmenge beispielsweise um ein Viertel von 325g also um ca. 81 g auf insgesamt 406g so können bereits 5 Getränkedosen mit einem einzelnen Kühlelement gekühlt werden. Für 8 Getränkedosen wäre folglich eine Zeolithmenge von $8 \times 81 \text{ g} = 648 \text{ g}$ vorzusehen. Leicht nachzuvollziehen ist auch, dass bei dieser Zeolithmenge jeweils 2 Getränkedosen sofort nacheinander ohne zwischenzeitliche Wärmeabgabe an die Umgebung gekühlt werden können. Nach dem Kühlen der jeweils zweiten Dose ist eine Zwischenkühlung abzuwarten. Selbstverständlich ist bei dieser 8-fachen Zeolithmenge auch die gleichzeitige Kühlung von zwei Gefäßen möglich. In diesem Fall wären jedoch zwei Verdampferübertragungsflächen nötig.

[0028] Um nur den Gewichts-Vorteil gegenüber dem Stand der Technik noch mal hervorzuheben sei die Zeolithmasse für 8 Gefäße von 648g auf acht konventionelle, selbstkühlende Getränkedosen aufgeteilt. Die dann zusätzlich notwendige Wärmepuffermasse summiert sich alleine auf nahezu 1kg.

[0029] Für den Fachmann ist erkennbar, dass für das Sorptionsmittel Zeolith und das Arbeitsmittel Wasser für alle Kühlaufgaben von derselben Relation ausgegangen werden kann: Zeolith kann ohne zusätzliche Wärmepufferung maximal 4 Massen-% aufnehmen. Nacheinander (mit Zwischenkühlung) sind mindestens vier Kühlungen möglich, zusammen also folglich mindestens 16 Massen-% Wasserdampfadsorption realisierbar. Abhängig von der zu kühlenden Gebindegröße (= Getränkevolumen) und abhängig von der gewünschten Temperaturabsenkung errechnet sich die notwendige zu verdampfende Wassermenge. Diese Wassermenge kann dann maximal 4 % der Zeolithmenge betragen. Somit ist die mindestens notwendige Zeolithmenge leicht zu berechnen. Für mindestens vier Kühlungen ist dann automatisch immer ausreichend Sorptionsmittel vorhanden.

[0030] Zeolith ist ein kristallines Mineral, das aus einer regelmäßigen Gerüststruktur aus Silizium- und Aluminiumoxiden besteht. Diese Gerüststruktur enthält Hohlräume, in welchen Wassermoleküle unter Wärmedefreisetzung sorbiert werden können. Innerhalb der Gerüststruktur sind die Wassermoleküle starken Feldkräften ausge-

setzt, deren Stärke (und damit die Adsorptionswärme) von der bereits in der Gerüststruktur enthaltenen Wassermenge und der Temperatur des Zeolithen abhängt. Von den synthetischen Zeolithtypen kommen vor allem die Typen A, X und Y, jeweils in ihrer preisgünstigen Na-Form zum Einsatz.

[0031] Bei allen Zeolithtypen besteht die Gefahr, dass sie je nach Syntheseverfahren und Ausgangsmaterialien Beimengungen enthalten, die im Vakuum und insbesondere bei höheren Temperaturen gasförmige Bestandteile abgeben, die den Kühlprozess beeinflussen. Gelöst wird das Problem der Gasfreisetzung dadurch, dass Zeolithe bei der Fertigung des Kühlelementes mindestens auf die spätere Sorptionsmitteltemperatur aufgeheizt und zugleich unter das dann herrschende Vakuum gesetzt werden. Bei dieser Prozedur können Zeolithe erfindungsgemäß ihre störenden Bestandteile abgeben. Besonders effizient ist diese thermische Behandlung, wenn dabei zugleich das vorsorbierte Wasser abgedampft werden kann. Um diese Behandlung innerhalb der Mehrschichtfolie durchführen zu können, werden erfindungsgemäß die gasdichten Mehrschichtfolien mit einer inneren Polypropylenschicht und mindestens einer Polyesterschicht eingesetzt.

[0032] Neben der Kombination Zeolith/Wasser sind auch andere feste Sorptionsstoffpaarungen 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 bieten. Da auch diese Stoffpaarungen im Vakuum arbeiten, können auch sie in erfindungsgemäßen Mehrschichtfolien eingeschweißt werden.

[0033] Erfindungsgemäß ist die Sorptionsmittelmenge 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 Anlagerung bieten. Um eine gleichmäßige Sorption innerhalb des Sorptionsmittels und einen geringen Druckabfall zu gewährleisten, haben sich besonders Sorptionsmittel-Granulate bewährt. Granulatdurchmesser zwischen 3 und 10 mm zeigen dabei die besten Resultate. Diese sind problemlos in Mehrschichtfolien abzapacken. Nach dem Evakuieren bilden sie einen harten, druck- und formstabilen Sorptionsbehälter, der die beim Evakuieren vorgegebene Form beibehält. Vorteilhaft sind aber auch aus Zeolithpulver vorgeformte, stabile Zeolithblöcke, in welche die Strömungskanäle eingearbeitet sind und deren Formgebung der gewünschten Kühlelement-Geometrie angepasst ist. Die stabilen Zeolithblöcke können im Bereich der späteren Dampföffnung Hohlräume aufweisen, um die Strömung durch den Dampfkanal nicht zu behindern.

[0034] Bei direktem Kontakt des Sorptionsmittels mit

der Mehrschichtfolie wird die Adsorptionswärme durch die Folie hindurch nach außen abgeführt. In aller Regel wird die Wärme an die umgebende Luft abgeleitet werden. Sehr effizient ist es auch, den Sorptionsbehälter mittels Flüssigkeiten, insbesondere mit Wasser zu kühlen. Die Wartezeit vor dem folgenden Kühlprozess kann damit verkürzt werden.

[0035] Da der Wärmeübergang an eine Luftströmung von der Außenseite der Mehrschicht-Folie in der gleichen Größenordnung liegt wie der Wärmeübergang eines Sorptionsmittel-Granulates an die Innenseite der Folie, empfehlen sich prinzipiell große Folienoberflächen ohne Berippung, in beispielsweise Zylinder-, Platten- oder Rohrgeometrien. Da insbesondere Zeolithgranulate eine geringe Wärmeleitung haben, sind die Sorptionsbehälter so ausulegen, dass der durchschnittliche Wärmeleitungsweg innerhalb des Sorptionsmittels 5 cm nicht übersteigt.

[0036] Um den Wärmefluss vom heißen Sorptionsmittel auf den in unmittelbarer Nähe angeordneten, kalten Verdampfer zu minimieren, sind entweder Isolationsmaterialien vorzusehen oder es ist auf eine schlecht Wärmeleitende Verbindung zwischen den Komponenten zu achten. Anzustreben ist auch eine thermische Isolierung des Gefäßes und des umhüllenden Verdampfers. Wenn das Gefäß und der Verdampfer unisoliert der Umgebungsluft ausgesetzt sind, kann es zum Auskondensieren von Wasserdampf aus der Luft an den kalten Flächen kommen. Zum einen kann Feuchtigkeit, die sich zwischen Gefäß und Verdampfer niederschlägt, den Wärmeübergang verbessern, zum andern geht aber ein beträchtlicher Teil der Kühlkapazität für diese Kondensation verloren.

[0037] Besonders kostengünstige Kühlelemente sind dann möglich, wenn sich die thermische Isolierung mit dem Pressmittel kombinieren lässt. Isolationsmaterialien haben oft eine federnde Rückstellkraft gegenüber Stauchungen. Diese Rückstellkraft lässt sich erfindungsgemäß als federndes Ausgleichsmedium nutzen, um einseitig anliegende Pressmittelkräfte gleichmäßiger auf die gesamte Verdampferkontaktfläche zu verteilen.

[0038] Die Einspeisevorrichtung hat die Aufgabe bei jedem Kühlvorgang die in den Verdampfer einströmende Arbeitsmittelmenge auf maximal ein Viertel der vom Sorptionsmittel bei $T = 50^\circ\text{C}$ und $p = 6 \text{ m bar}$ maximal aufnehmbaren Arbeitsmittelmenge zu begrenzen.

Erfindungsgemäß kann das Arbeitsmittel mindestens auf vier Einzel-Beutel verteilt sein, da die Sorptionsmittelmenge mindestens viermal adsorbieren kann, bis die maximale Beladungsbreite erreicht ist.

[0039] Die Einspeisevorrichtung kann vielfältig ausgeführt sein. Zwei vorteilhafte Bauarten seien im Folgenden prinzipiell aufgezeigt:

Bei der ersten Bauart ist die jeweils notwendige Arbeitsmittelmenge bereits vordosiert, z.B. in separaten Beuteln. Zum Starten der Kühlwirkung wird eine Arbeitsmittelzuleitung von einem Arbeitsmittel-Beutel

zum Verdampfer geöffnet, z.B. durch Anstechen des Arbeitsmittel-Beutels und Auspressen des Arbeitsmittels.

In diesem Fall muss nur eine kleine Öffnung in den Arbeitsmittel-Beutel gestochen werden und eine Zuleitung für das noch flüssige Arbeitsmittel zum Verdampfer-Vlies vorgesehen werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform dieser ersten Bauform erhält man, wenn die Arbeitsmittel-Beutel außerhalb des Verdampferbereichs zwischen die Mehrschicht-Folie eingelegt sind. Durch äußeren Druck auf die Mehrschicht-Folie im Bereich der Arbeitsmittel-Beutel platzen diese und das flüssige Arbeitsmittel fließt zum Verdampfer-Vlies. Ein Platzen durch äußeren Druck kann entweder durch den Einsatz einer Folie mit Peel-Effekt oder durch das Einlegen eines spitzen Öffners in den Arbeitsmittel-Beutel erfolgen. Der spitze Öffner kann innerhalb des prall gefüllten Arbeitsmittelbeutels während der Lagerzeit nicht auf die Folie drücken und diese perforieren. Erst durch Einwirken einer zusätzlichen äußeren Kraft im Bereich des Öffners, wird das flüssige Arbeitsmittel verdrängt und der spitze Öffner kann eine kleine Öffnung in die Folie stechen. Werden die Arbeitsmittel-Beutel aus einer Folie mit Peel-Effekt gefertigt, kann auf separate Öffner verzichtet werden, da die Siegelnähte wegen des Peel-Effektes durch kräftigen Druck auf den Beutel leck werden und den Inhalt austreten lassen. Die physikalischen Bersteigenschaften der Peel-Siegelnaht können den Anforderungen des Arbeitsmittel-Beutels gezielt angepasst werden. Dabei ist sicher zu stellen, dass der Beutel durch den von außen anliegenden Atmosphärendruck nicht platzt, bei angemessen erhöhtem Fingerdruck den Inhalt jedoch in den Verdampfer ausströmen lässt. Den Verbindungskanal zum Verdampfer, der den jeweilig vorliegenden Geometrien optimal angepasst werden kann, kann ein schmaler Streifen aus Strömungsgewebe oder flexible Kunststoffschläuche offen halten.

[0040] Bei der zweiten Bauart kann die gesamte Arbeitsmittelmenge in nur einem Vorratsbehälter innerhalb der Einspeisevorrichtung gelagert werden. Die einzelnen Teilmengen müssen dann mit anderen, dem Prinzip nach bekannten Dosiertechniken aufgeteilt werden erfolgen. Besonders günstig kann die Einspeisevorrichtung ausgeführt werden, wenn die darin enthaltenen Füll- und Entleerventile durch die ohnehin notwendige Betätigung der Pressmittel betätigt werden.

[0041] In bevorzugten Ausführungsformen kann der Verdampfer zusammen mit dem Sorptionsmittel innerhalb einer einzigen, alles umhüllenden Mehrschichtfolie eingelegt sein. Erst wenn das flüssige Arbeitsmittel aus der Einspeisevorrichtung zum Verdampfer strömt, kann es von dort verdampfen und dampfförmig weiter zum Sorptionsmittel strömen.

Noch vorteilhafter ist es, wenn nur ein relativ kleiner Strömungsquerschnitt für das flüssige Arbeitsmittel erforderlich ist. Nachteilig ist hingegen, dass das Arbeitsmittel

den Verdampfer ausreichend schnell homogen benetzen muss, ohne in flüssiger Form in den Sorber mitgerissen zu werden oder gar beim Austritt aus der Öffnung des Arbeitsmittel-Beutels zu vereisen und damit den weiteren Zufluss zu blockieren.

[0042] Eine homogene Verteilung des Arbeitsmittels kann erfindungsgemäß durch eine separate, feinverzweigte Kanalstruktur erzielt werden, die das Arbeitsmittel nach dem Ausströmen aus der Einspeisevorrichtung homogen verteilt, bevor es durch die Dampfströmung flüssig mitgerissen werden könnte. Eine kostengünstige Verteilung kann z.B. durch eine Lage feingelochter Folie erzielt werden, die um die Austrittsöffnung angeordnet ist.

[0043] Eine besonders effiziente und zugleich kostengünstige Lösung erreicht man, wenn das flüssige Arbeitsmittel durch das Strukturmaterial des Dampfkanals im Verdampfer-Vlies homogen verteilt wird. Das Arbeitsmittel wird hierzu nach dem Öffnen der Einspeisevorrichtung durch den von außen auf der Mehrschicht-Folie lastenden Überdruck in das Strukturmaterial ausgepresst. Hier verdampft ein Teil des Arbeitsmittels und reißt das noch flüssige Arbeitsmittel mit hoher Geschwindigkeit mit. Bei erfindungsgemäßer Formgebung des Strukturmaterials wird das flüssige Arbeitsmittel auf dem Weg zum Sorptionsmittel mehrfach umgelenkt und immer wieder gegen das angrenzende Vliesmaterial geschleudert. Dieses saugt die flüssigen Komponenten des Arbeitsmittels auf und fixiert dieses gegenüber dem nachströmenden Arbeitsmitteldampf. Auf diese Weise wird das Verdampfer-Vlies in kürzester Zeit homogen mit der optimalen Arbeitsmittelmenge benetzt. Der Transport des flüssigen Arbeitsmittels erfolgt folglich nicht innerhalb des Verdampfer-Vlieses sondern über den Dampfkanal innerhalb des Strukturmaterials. Vorteilhafterweise wird der Verdampfer von seinem einen Ende mit dem flüssigen Arbeitsmittel geflutet während der reine Arbeitsmitteldampf am anderen, weit entfernten Ende aus dem Verdampfer abströmt. Der Verdampfer muss aber nicht zwangsläufig aufrecht stehen. Erfindungsgemäß kann auch der Zulauf des flüssigen Arbeitsmittels von oben erfolgen während der Arbeitsmitteldampf von unten abströmt. Die Menge des Verdampfer-Vlieses ist auf das Volumen des flüssigen Arbeitsmittels abzustimmen. Am Ende des Dosiervorgangs sollte die Fläche des Verdampfer-Vlieses, die in Kontakt zum zu kühlenden Gefäß steht, die notwendige Arbeitsmittelmenge aufgenommen und gleichmäßig verteilen können. Das bedeutet aber nicht, dass das Vlies selbst homogen verteilt sein muss. Insbesondere kann es im Bereich der Dosiervorrichtung dünner ausgeführt sein. Über diesen Bereich fließt zwangsgeführt die gesamte Arbeitsmittelmenge. Damit werden auch das Strukturmaterial, das Gewirk sowie sonstige Einbauten befeuchtet. Um eine gleichmäßige Kälteerzeugung sicherzustellen, kann das Vlies an diesen Bereichen ausgedünnt sein. Folgerichtig kann das Vlies aber auch an anderen Stellen dicker ausgelegt sein. Insbesondere dort, wo das Gefäß durch interne, thermi-

sche Umschichtung mehr Wärme abgeben kann, erhöht diese Maßnahme die Abkühlgeschwindigkeit.

[0044] Das Arbeitsmittel wird im Vlies durch Kapillarkräfte oder hygroskopische Effekte verteilt und fixiert. Besonders preisgünstige Vliesmaterialien enthalten saugfähige Papiere, wie sie in großer Vielfalt für Haushalt und Industrie zum Aufsaugen von Flüssigkeiten eingesetzt werden. Besonders saugfähige Vliese bestehen aus Polypropylen-Mikrofasern. Mit speziellen Benetzungsmittel ausgestattet, können sie ein mehrfaches des Eigengewichts an Wasser aufsaugen und fixieren.

[0045] Das Herstellverfahren für erfindungsgemäße Kühlelemente kann folgendermaßen ablaufen. In einen vorgeseiegelten Schlauch aus Mehrschichtfolie werden alle Verdampfer-Bauteile inklusive der Einspeisevorrichtung an definierten Positionen eingelegt. Noch vor dem Evakuieren wird der Verdampferbereich der Geometrie des zu kühlenden Gefäßes nachgeformt. Danach wird heißes Sorptionsmittel eingefüllt und das Kühlelement entweder in der Vakuumkammer oder aber bei Atmosphärendruck mittels eines Absaugadapters evakuiert und anschließend versiegelt.

[0046] Das Versiegeln der Mehrschichtfolie erfolgt in aller Regel durch Anpressen heißer Schweißbalken auf die äußere Folienoberflächen bis die innen aufeinanderliegenden Polypropylenschichten flüssig werden und miteinander verschmelzen. Bewährt haben sich neben thermischen Kontaktverfahren auch Schweißverfahren mittels Ultraschall. Vorteilhaft hat die Siegelnaht eine Breite von mindestens 5 mm noch besser aber von 10 mm. Je breiter die Siegelnaht ist, desto geringer ist die Leckrate und folglich umso länger die Lagerzeit des Kühlelementes.

[0047] Die Zeichnung zeigt in:

Fig. 1, Einzelteile eines Kühlelementes in Explosionsdarstellung,

Fig. 2, ein vorgeformtes Kühlelement beim Befüllen mit Zeolith.

Fig. 3, ein fertiges Kühlelement ohne Pressmittel und ohne thermische Isolierung,

Fig. 4, eine thermische Isolierung mit einem Pressmittel,

Fig. 5, ein Kühlelement zusammen mit Isolierung und Pressmittel in geschnittener Darstellung,

Fig. 6, weitere Einspeisevorrichtung mit Dosierkammer und Ventilen,

Fig. 7, betätigte Ventile einer Einspeisevorrichtung nach Fig. 6.

[0048] In Fig. 1 sind die wesentlichen Vakuum-Bauteile eines Kühlelementes dargestellt. Das Kühlelement wird

von einem Folienschlauch aus zwei Mehrschichtfolien 1, 2 umhüllt. Die beiden Mehrschichtfolien 1, 2 können bereits vor dem Versiegeln gemäß Zeichnung zugeschnitten sein. Im Bereich des Verdampfers 3 werden eine Deckplatte 4, ein Strukturmaterial 5 zum Freihalten des Dampfströmungskanals und ein Gewirk 6 aus PET-Fasern zum Glätten eines Vlieses 7 eingelegt. Die beiden Mehrschichtfolien 1, 2 kommen mit jeweils ihrer PP-Siegelschicht aufeinander zu liegen. Mittels nicht gezeichneter, heißer Siegelwerkzeuge werden sie entlang der beiden strukturierten Seitennähte 14 versiegelt. Entlang der Seitennähte 14 sind vier Ausgleichsflächen 13 ausgebildet, die beim Verformen des Verdampfers 3 entstehende Falten aufnehmen können. Die beiden schmalen Seiten der Mehrschichtfolien 1, 2 bleiben zunächst unversiegelt. In die rechte Seiten-Öffnung werden acht Wasserbeutel 8 zusammen mit einem Strömungskanal 9 eingeführt. Die Wasserbeutel 8 sind aus einer Peel-Folie gefertigt und prall mit dem Arbeitsmittel Wasser gefüllt. Durch manuellen Druck auf die Wasserbeutel 8 kann eine der vier Siegelnähte bersten und der Wasserinhalt wegen des von außen anliegenden Atmosphärendrucks ausgepresst werden. Über den Strömungskanal 9 wird der Wasserinhalt zum Gewirk 6 weitergeleitet und im Bereich des Verdampfers 3 vom Vlies 7 homogen verteilt.

Durch die linke Seiten-Öffnung kann nach dem Verformen des Verdampfers 3 die heiße Zeolithfüllung 10 eingefüllt werden.

[0049] Fig. 2 zeigt die schlaufenartige Verformung des Verdampfers 3 über einem zylindrischen Formwerkzeuges 12, das den Durchmessers der später zu kühlenden Gefäße aufweist. Da der Verdampfer 3 vor dem Verformen bereits die nicht sichtbaren Bauteile (Deckplatte 4, Strukturmaterial 5, Gewirk 6 und Vlies 7) enthält, ist der Radius der außenliegenden Mehrschichtfolie 2 um ca. 3 mm größer als der Radius der innenliegenden Mehrschichtfolie 1. Da die Mehrschichtfolien 1, 2 nicht dehnbar sind, führt die aufgezwungene Verformung zwangsweise zu Falten im Bereich des Innenradiuses. Um den damit einhergehenden schlechteren Wärmeübergang zu verhindern, werden die Falten in den Bereich der vier Ausgleichsflächen 13 verschoben. Die Kontaktflächen zu den Gefäßen bleiben somit vollkommen faltenfrei. Mittels nicht gezeichnete Haltewerkzeuge wird das Kühlelement 20 in der gezeichneten Form und Lage fixiert. Über die vordere Seiten-Öffnung wurden die acht Wasserbeutel samt Strömungskanal 9 so eingelegt, dass das Strömungsgewebe 9 bündig an das Gewirk 6 andockt. Über die hintere Seiten-Öffnung werden sodann 750g, 180°C heißes Zeolithmaterial vom Typ 13X über einen Trichter 15 eingefüllt. Die hintere Seiten-Öffnung wird sodann ebenfalls versiegelt, während die vordere Seiten-Öffnung noch offen bleibt.

Das heiße Zeolithmaterial wird sodann innerhalb der Mehrschichtfolien mittels heißer, von außen angepresster Formwerkzeuge (nicht dargestellt) in die gewünschte Geometrie geformt und fixiert.

Im sofort anschließenden Herstellungsschritt wird das gesamte Kühlelement 20 samt oben beschriebener Form- und Haltewerkzeuge in eine Vakuumkammer verbracht und mehrere Minuten auf einen Druck unterhalb von 6 mbar (abs.) evakuiert. Noch in der Vakuumkammer wird sodann die letzte noch offene Seiten-Öffnung hinter den Wasserbeuteln 8 versiegelt.

[0050] Nach der Entnahme aus der Vakuumkammer werden die vier Ausgleichsflächen 13 im Bereich des Verdampferendes nach außen umgelegt. Das fertige, evakuierte Kühlelement 20 hat nunmehr eine Form gemäß Fig. 3. Der Verdampfer 3 ist nach Entnahme des Formwerkzeuges 12 zu einem flexiblen, seitlich offenen, zylindrischen Mantel geformt. An beiden Stirnseiten ist der Verdampfer 3 offen und kann die zu kühlenden Gefäße bequem aufnehmen. Die Falten befinden sich in den umgekannten Ausgleichsflächen 13 entlang der Zylinderaußenform. Das heiße Zeolithmaterial 10 (nicht sichtbar) ist zu einem platzsparenden Zeolith-Block 19 geformt und steht mit dem Verdampfer 13 über die gesamte Breite des Verdampfers 3 strömungstechnisch in Verbindung. Die acht Wasserbeutel 8 bilden zusammen mit den Strömungskanal 9 das Dosierelement. Es ist in dem nach oben abstehenden Schlauchende leicht zugänglich untergebracht.

[0051] Um eine optimale Kühlwirkung zu erreichen, muss das Kühlelement 20 mittels Pressmittel gut an die Mantelfläche der zu kühlenden Gefäße gepresst werden. Fig. 4 zeigt ein passendes Pressmittel 27 in Verbindung mit einer thermischen Isolierung 26.

An eine siegelbare Folie 21 sind an zwei gegenüberliegenden Seiten Laschen 22 angesiegelt, in welche zwei Stäbe 23 eingefädelt werden können. Die beiden parallel angeordneten Stäbe 23 sind an einem Ende mittels eines Drahtes 24 im Abstand von wenigen Millimetern verbunden. Die thermische Isolierung 26 besteht aus einer zunächst planen, ca. 7 mm starken Platte aus Styropor, die auf die flache Folie 21 aufgeklebt wird. Rollt man diese Anordnung sodann über einen Formzylinder entsteht das in Fig. 4 dargestellte Pressmittel 27 samt thermischer Isolierung 26.

Über einen Hebelmechanismus 33 kann die Isolierung 26 mittels der Stäbe 23 auf den Verdampfer 3 gepresst werden. Nach dem Lösen des Hebelmechanismus 33 kann nach dem Kühlen das Gefäß wieder leicht entnommen werden. Der untere Stab 23 ist in eine Bohrung einer Scheibe 31 gepresst, während der obere Stab 23 in einem sichelförmig gebogenen Schlitz 32 geführt wird. Im Bild ist die Scheibe 31 waagrecht positioniert, so dass die beiden Stäbe 23 eng aneinander gepresst werden. Wird die Scheibe 31 um den unteren Stab 23 in eine senkrechte Position gedreht (Pfeilrichtung A) läuft der obere Stab 23 innerhalb des Schlitzes 32 in Pfeilrichtung B nach oben. Die Presskraft auf den Verdampfer 3 ist in dieser Position gelöst. Die zu kühlenden Gefäße können in dieser Stellung leicht eingeschoben und entnommen werden. Zum Aktivieren der Presskraft muss lediglich die Scheibe 31 nach links zurückgeschwenkt werden.

[0052] Fig. 5 zeigt ein mit Pressmitteln 27 komplettiertes Kühlelement 20 in geschnittener Darstellung. Das zu kühlende Gefäß 30, eine handelsübliche Getränkedose, liegt auf der Seite, die Gasblase 35 des Getränks befindet sich oben. Der Verdampfer 3 wird von der Isolierung 26, die von der Folie 21 umgeben ist, mittels der beiden Stäbe 23 großflächig auf den Mantel der Gefäßes 30 gepresst. Die Stäbe 23 pressen dabei zangenförmig zugleich auf die Dampfableitung zum Zeolith-Block 19 und die Zulaufleitung von den Wasserbeuteln 8. Wasserbeutel 8, Strömungskanal 9, Zeolithmaterial 10 und alle innenliegenden Verdampfer-Einzelkomponenten sind von den Mehrschichtfolien 1, 2 umschlossen. Da die Wasserbeutel 8 mit Abstand eingelegt sind, besteht die Möglichkeit, die gesamte Einspeisevorrichtung (40) platzsparend zu falten und in den Raum zwischen Pressmittel 27 und Zeolith-Block 19 einzulagern. Zum Auslösen der Kühlfunktion kann die Einspeisevorrichtung 40 ausgeklappt werden.

Um den Wasserdampf ohne großen Druckabfall in das Zeolithmaterial 10 (nur zum Teil gezeichnet) einzuleiten und auch innerhalb diesem optimal zu verteilen, sind das Strukturmaterial 5 und die Deckplatte 4 so lang geschnitten, dass sie bis weit in das Zeolithmaterial 10 reichen. Das Gewirk 6 und das Vlies 7 sind jedoch so kurz geschnitten, dass das flüssige Wasser nicht in den Verbindungskanal fließen kann. Am anderen Ende des Verdampfers 3 ragt das Gewirk 6 etwas über die Verdampferfläche hinaus in Richtung Wasserbeutel 8. Damit erreicht man eine gleichmäßigere Verteilung des aus den Wasserbeuteln 8 über das Strömungsgewebe 9 einströmenden Wasserinhalts.

[0053] Zum Kühlen des Gefäßes 30 wird dieses zunächst in den entspannten Verdampfer 3 geschoben und mit dem Pressmittel 27 auf den Verdampfer 3 gepresst. Durch äußeren Druck auf einen der Wasserbeutel 8 öffnet sich eine Siegelnaht und der äußere Atmosphärendruck presst den Beutelinhalt durch den Strömungskanal 9 in den Verdampfer 3. Das trockene Vlies 7 verteilt das flüssige Wasser homogen. Wegen des niedrigen Systemdrucks verdampft das Wasser im Vlies 7 und kühlt durch die Mehrschichtfolie das Gefäß 30.

[0054] Fig. 6 zeigt eine alternative Einspeisevorrichtung 40 an der Einmündung in den Verdampfer 3. In der Zeichnung sind die obere Mehrschichtfolie 2, der Stab 23 und die Folie eines Foliensacks 41 durchsichtig dargestellt. Anstelle einzelner Wasserbeutel ist bei dieser Ausgestaltung ein großer Foliensack 41 mit der gesamten Wassermenge gefüllt. Innerhalb des Foliensacks 41 ist ein druckstabiles Dosiervolumen 42 für eine Einzeldosiermenge von 14 ml untergebracht. Das Dosiervolumen 42 hat einen Zugang 43 innerhalb des Foliensacks 41 und einen Auslauf 44 außerhalb des Foliensacks 41. Der Zugang 43 ist mit einem flexiblen, dickwandigen Silikonschlauch 48 versehen, der innerhalb des Foliensacks 41 mündet und offen steht, sofern er nicht von zusätzlichen, äußeren Kräften gequetscht wird. Wasser aus dem Foliensack 41 wird somit immer dann wenn der

Zugang 43 offen ist, durch den anstehenden Atmosphärendruck aus dem Foliensack 41 in das Dosiervolumen 42 gedrückt. An den Auslauf 44 ist eine Tülle 45 angeformt, die mit der Folie des Foliensackes 42 gasdicht versiegelt ist. Am äußeren Ende der Tülle 45 ist auf einen Rohrstutzen 49 ebenfalls ein Silikonschlauch 46 aufgeschoben, dessen zweites Ende allerdings, anders als beim Zugang 43, mit einem dichtschießenden, zylindrischen Stopfen 47 verschlossen ist. Die Einspeisevorrichtung 40 ist somit ein separates Einzelteil, das getrennt abgefüllt und zwischengelagert werden kann. Im Ausleungsfall sind für eine Zeolithfüllung von 750g mindestens 112g Wasser im Foliensack 41 gasfrei eingefüllt. Die beiden Silikonschläuche 46, 48 sind so an das Gewirk 6 des Verdampfers 3 angelegt, dass die Stäbe 23 des Pressmittels 27 quer auf den Enden der Silikonschläuche 46, 48 zu liegen kommen. Wie aus Fig. 7 ersichtlich (Schnittbild entlang der Stäbe 23), quetschen die beiden Stäbe 23 im gepressten Zustand auf die beiden Enden der Silikonschläuche 46, 48. Der Silikonschlauch 48 wird davon geschlossen, der Silikonschlauch 46 öffnet durch äußeren Druck zwei kleine Spalte 50 zwischen dem Stopfen 47 und der Innenwand des Silikonschlauches 46. Durch die Spalte 50 kann die Wasserfüllung geschoben vom eigenen Dampfdruck aus dem Dosiervolumen 42 in das Gewirk 6 auslaufen. Erst wenn die Stäbe 23 wieder gelöst werden (Pfeilrichtung C), verschwindet die zusätzliche Presskraft auf die Silikonschläuche 46, 48. Der Auslauf 44 schließt sich zuerst und der Zugang 43 öffnet erst kurz danach. Somit wird das Dosiervolumen 42 wieder automatisch gefüllt, ohne Wasser in den Verdampfer 3 abströmen zu lassen. Sobald die Stäbe 23 wieder verpresst werden, steht die dosierte Wassermenge für die nächste Kühlung erneut zur Verfügung.

[0055] Fig. 8 zeigt schließlich die Abkühlkurve einer 250 ml Getränkedose mit einer Anfangstemperatur von 31°C (dicke Kurve 1).

Zum Startzeitpunkt (Minute 2) wird ein Wasserbeutel mit 14 ml Inhalt ausgepresst. Innerhalb weniger Sekunden fällt die erste Temperatur im Verdampfer (Kurve 2) auf ca. 7°C. Sobald das in den Verdampfer einlaufende Wasser auch die zweite Messstelle (Kurve 3) erreicht hat, fällt auch deren Temperatur. Im Zeolithmaterial sind drei Messstellen aufgenommen. Auch hier ist eine zeitliche Verzögerung ersichtlich. Zunächst wird Messstelle 5 vom einströmenden Wasserdampf erreicht, nach 3 Minuten Messstelle 4 und erst gegen Ende der Kühlzeit wird auch das am weitesten entfernte Zeolithmaterial warm (Kurve 6). Der sehr flache Anstieg dieser Messstelle zeigt dem Fachmann, dass in diesem Kühlelement mehr als die minimal notwendige Zeolithmenge für 4 Gefäße eingefüllt ist. Bei exakt bemessener, minimaler Menge würde auch diese Messstelle sehr heiß werden. Nach etwa 12 Minuten ist die Getränkedose von 31°C auf unter 7°C abgekühlt. Der späte Anstieg der beiden Verdampfertemperaturen (Kurve 2 und 3) zeigt, dass der Wasservorrat an diesen Stellen verbraucht ist. Die gekühlte Ge-

tränkendose kann dann nach dem Lösen der Pressmittel entnommen werden und durch eine warme Dose ersetzt werden.

Patentansprüche

1. Kühlelement (20) zur Kühlung eines Gefäßes (30) mit einer Füllmenge an Sorptionsmittel (10), das unter Vakuum ein dampfförmiges Arbeitsmittel sorbieren kann, das von einer flüssigen Arbeitsmittelmeng in einem Verdampfer (3) abdampft und mit einer Einspeisevorrichtung (40), die bei Beginn eines jeden Kühlvorgangs eine portionierte Arbeitsmittelmeng in den Verdampfer einströmen lässt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspeisevorrichtung (40) bei jedem Kühlvorgang die in den Verdampfer (3) einströmende Arbeitsmittelmeng auf maximal ein Viertel der vom Sorptionsmittel (10) bei $T = 50^{\circ}\text{C}$ und $p = 6\text{ mbar}$ maximal aufnehmbaren Arbeitsmittelmeng begrenzen lässt und die im Kühlelement (20) vorhandene Arbeitsmittelmeng mindestens vier aufeinanderfolgende Kühlvorgänge ermöglicht und dass der Verdampfer (3) zur Wärmeaufnahme aus andockbaren Gefäßen (30) mit einer flexiblen Wärmetauscherfläche ausgestattet ist, die mittels lösbarer Pressmittel (27) auf die nacheinander angedockten Gefäße (30) gepresst werden kann.
2. Kühlelement (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der jeweils adsorbierten Arbeitsmittelportion im Sorptionsmittel (10) frei werdende Adsorptionswärme überwiegend als sensible Wärme (Temperaturerhöhung) im Sorptionsmittel (10) gepuffert wird.
3. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vakuumdichte Hülle des Kühlelementes (20) überwiegend aus Mehrschichtfolie (1, 2) besteht und dass der Verdampfer (3) flexibel ist, um mittels Pressmittel (27) gut wärmeleitend auf die Gefäße (30) gedrückt werden zu können.
4. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Mehrschichtfolie (1, 2) im Bereich des Verdampfers (3) Ausgleichsflächen (13) vorgesehen sind, die Längenunterschiede beim Verformen durch Faltenbildung ausgleichen können.
5. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sorptionsmittel (10) synthetischen und/oder na-

türlichen Zeolith und dass das Arbeitsmittel Wasser enthält.

6. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet, dass
 mindestens der Verdampfer (3) und/oder auch das Gefäß (30) mit einer flexiblen Isolation (26) umgeben ist und dass
 die flexible Isolation (26) mindestens einen Teil der 10
 vom Pressmittel (27) ausgehenden Presskräfte auf den Verdampfer (3) überträgt.

7. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Arbeitsmittel in mindestens vier separaten Wasserbeuteln (8) verteilt ist, die durch manuellem Druck das Arbeitsmittel zur Verdampfung in den Verdampfer (3) freigeben. 20

8. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 25
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Einspeisevorrichtung (40) ein Dosiervolumen (42) enthält, aus dem durch Öffnen eines Auslaufs (44) die dosierte Arbeitsmittelmenge in den Verdampfer (3) austritt und
 einen Zugang (43) enthält, über welchen Arbeitsmittel aus einem Foliensack (41) in das Dosiervolumen 30
 (42) einfließen kann und
 dass der Zugang (43) und der Auslauf (44) nicht gleichzeitig geöffnet werden können.

9. Kühlelement (20) nach Anspruch 8, 35
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Auslauf (44) und/oder der Zugang (43) durch von außen auf die Mehrschichtfolie (1, 2) ausgeübte Kräfte geöffnet bzw. geschlossen werden können. 40

10. Kühlelement (20) nach Anspruch 9, 45
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Auslauf (44) mit dem Anlegen des Pressmittels (27) geöffnet werden kann.

11. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 50
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Mehrschichtfolie (1, 2) zu einem Folien-Schlauch versiegelt ist, der im mittleren Bereich den Verdampfer (3) und an einem Schlauchende die Einspeisevorrichtung (40) und im anderen Schlauchende das Sorptionsmittel (10) enthält.

12. Kühlelement (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 55
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Verdampfer (3) ein Vlies (7) zur flächigen Ver-

teilung des flüssigen Arbeitsmittels und ein Strukturmaterial (5) zur Weiterleitung des aus dem Vlies (7) verdampfenden Arbeitsmittel-Dampfes zum Sorptionsmittel (10) enthält und dass
 der durch das Strukturmaterial (6) aufgespannte Strömungsquerschnitt klein genug ist, um ein Vereisen des Arbeitsmittels im Vlies (7) zu verhindern.

13. Kühlelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, 10
dadurch gekennzeichnet, dass
 das Pressmittel (27) auf die flexible Isolierung (26) einwirkt und dadurch den Verdampfer (3) breitflächig auf das Gefäß (30) presst.

14. Verfahren zur Herstellung eines Kühlelementes (20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet, dass
 mindestens 150°C heißes Sorptionsmittel (10) in das Kühlelement (20) eingefüllt wird und
 dass das fertig geformte Kühlelement (20) so lange auf einen Absolutdruck von weniger als 6 mbar evakuiert wird bis aus dem Sorptionsmittel (10) abdampfendes Arbeitsmittel Restgase verdrängt und nur noch Arbeitsmitteldampf im Innenvolumen des Kühlelements (20) enthalten ist. 20

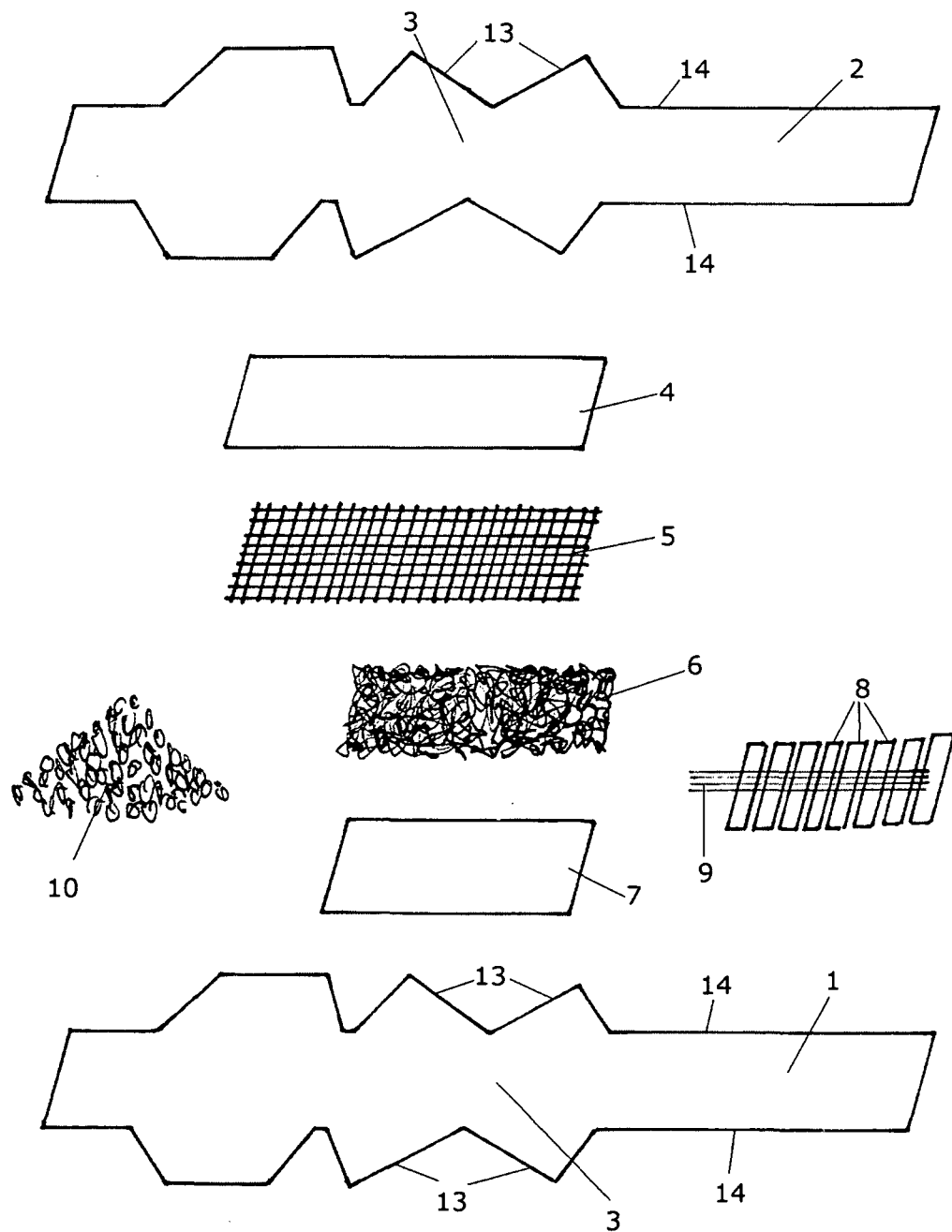


Fig. 1

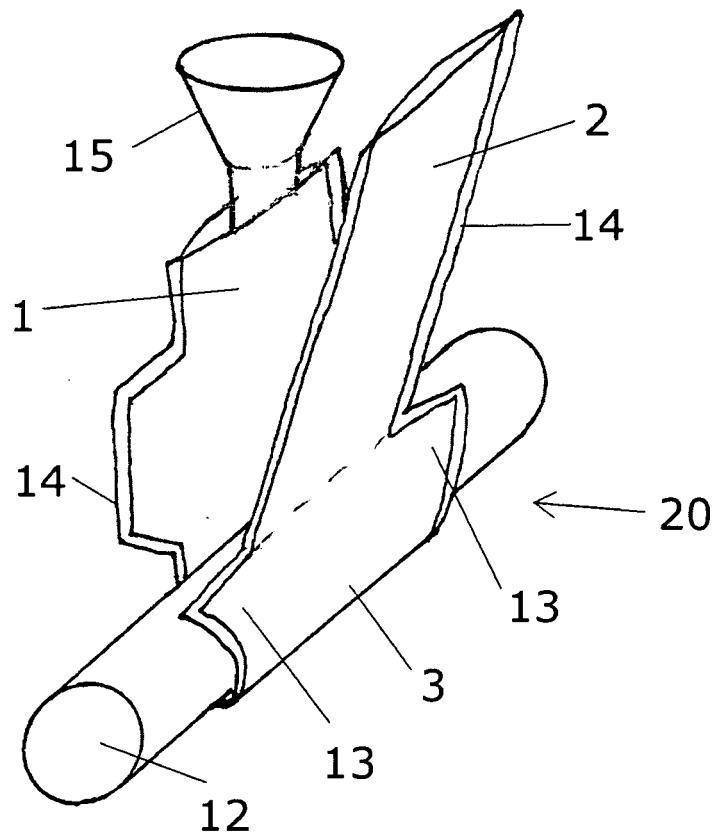


Fig. 2

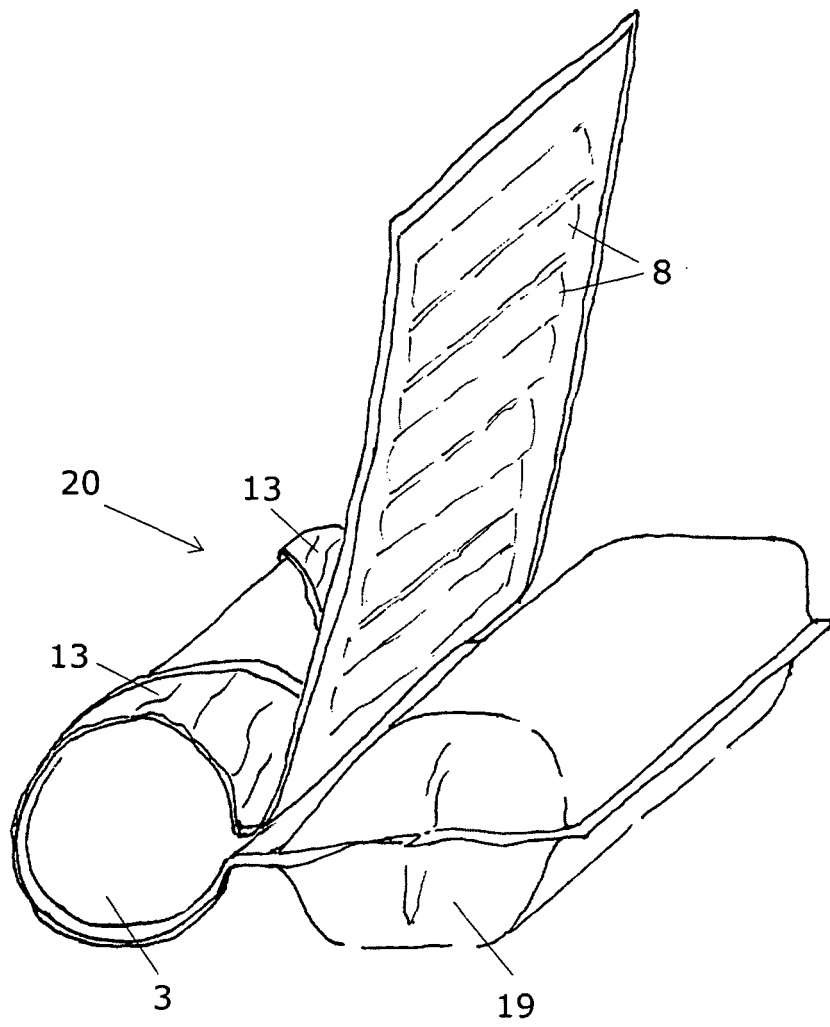


Fig. 3

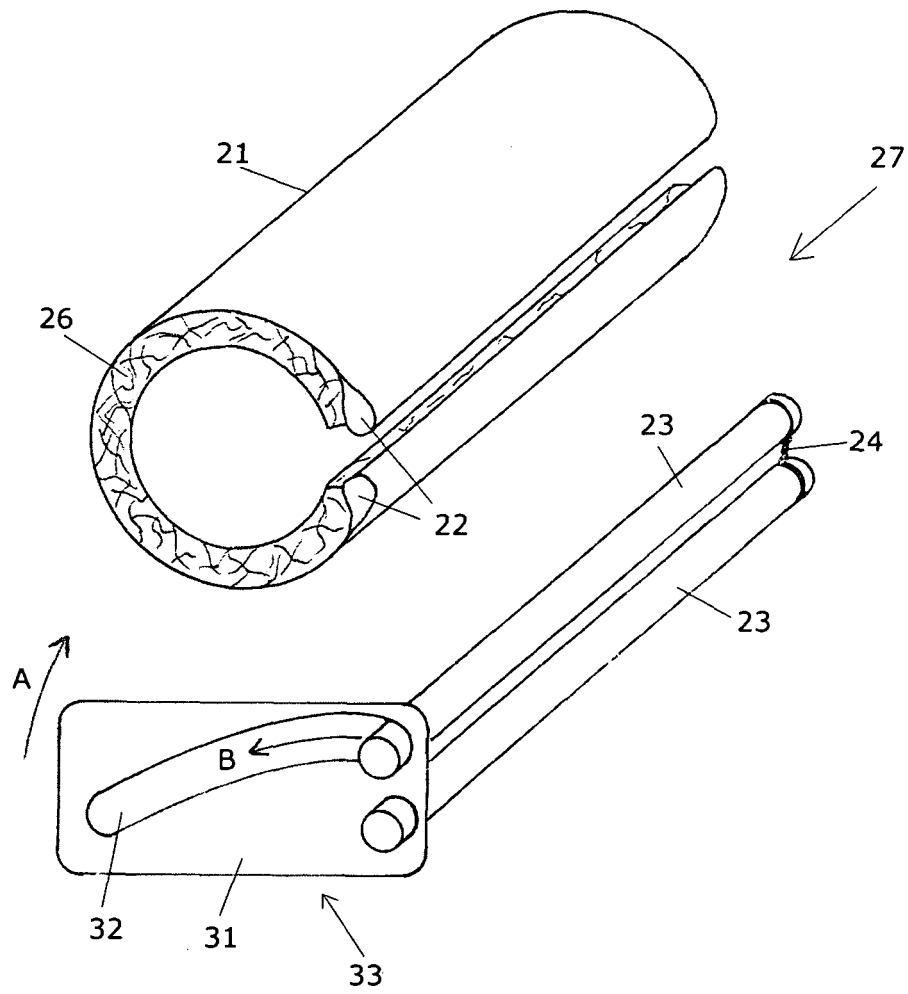


Fig. 4

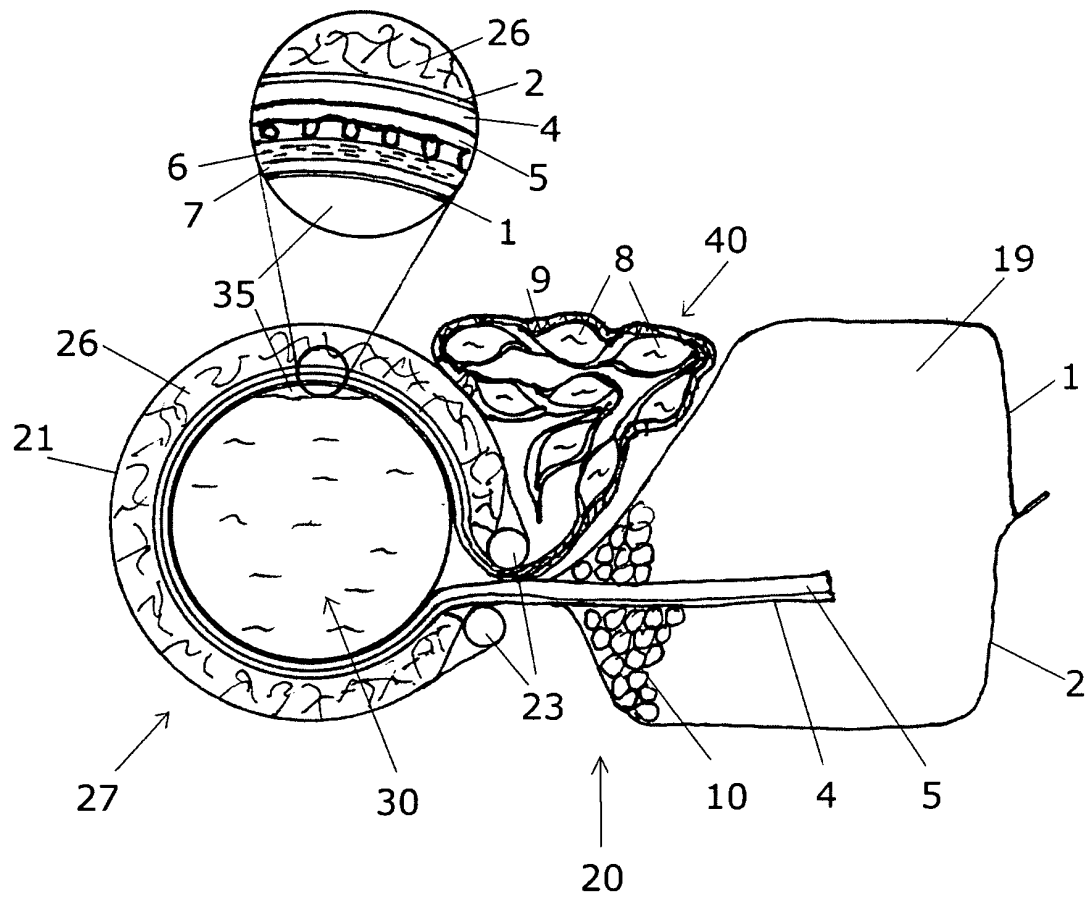


Fig. 5

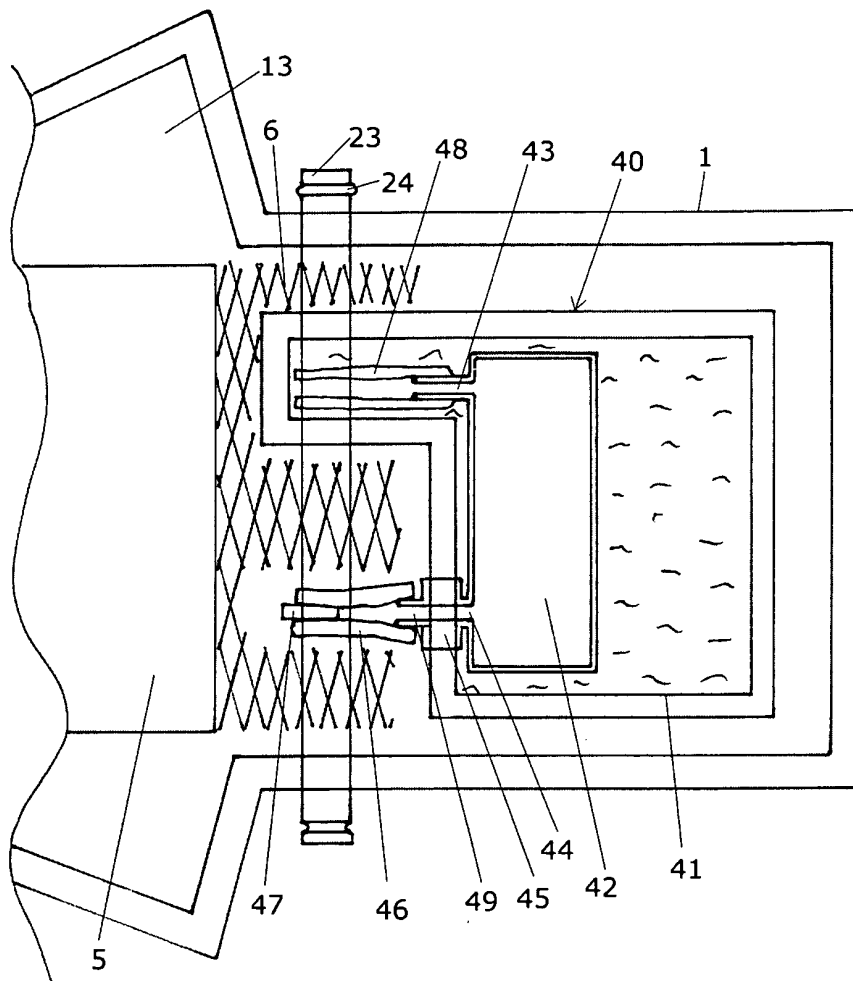


Fig. 6

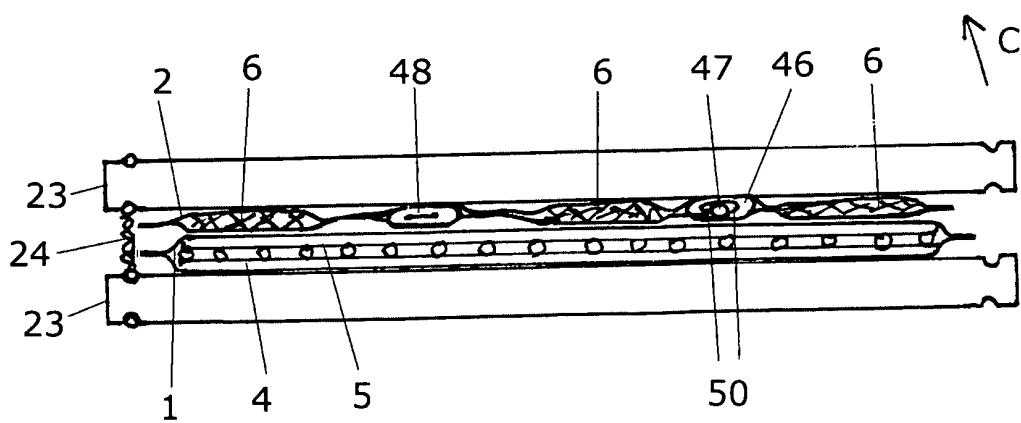


Fig. 7

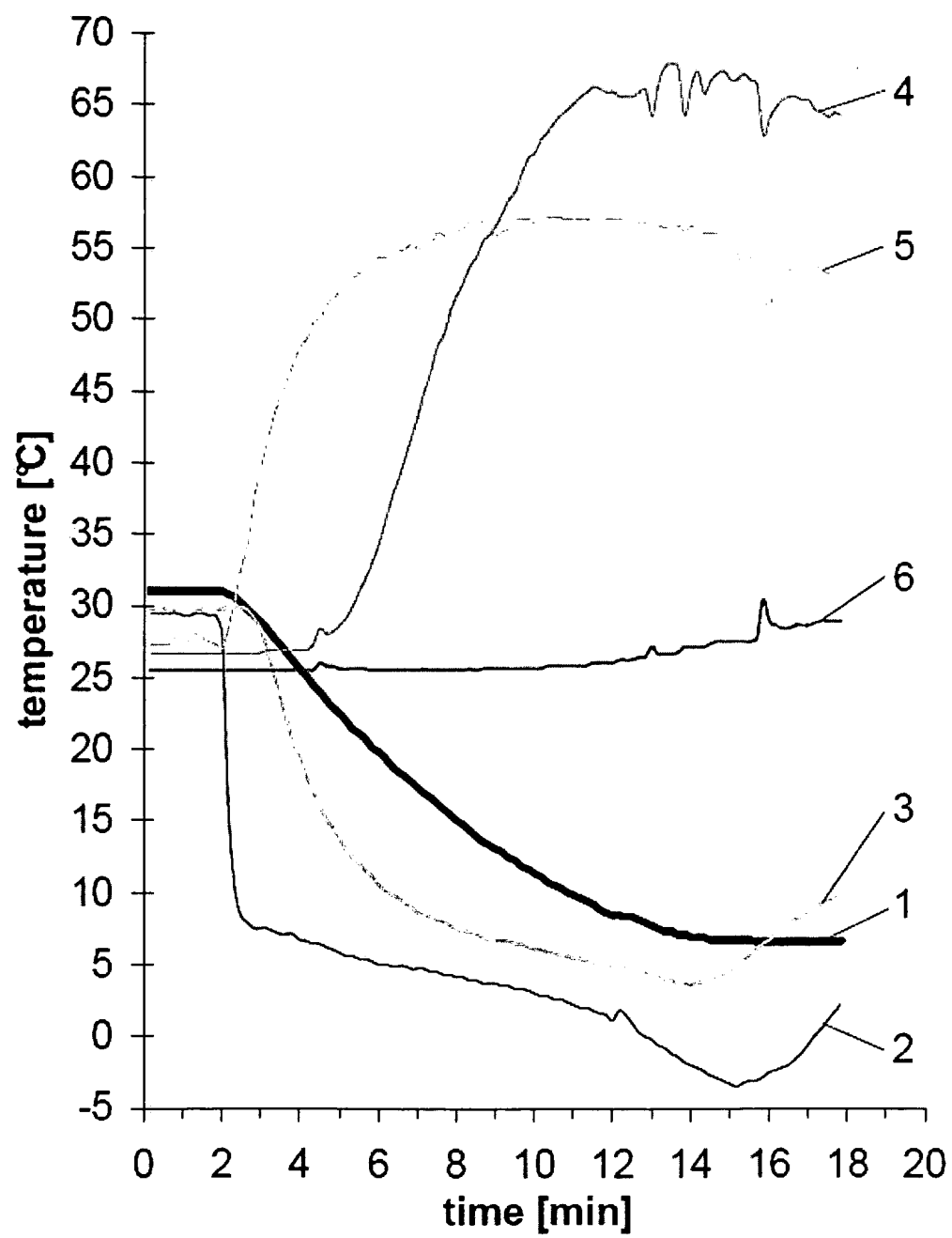


Fig. 8

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]
- EP 01902261 A [0005]
- US 5197302 A [0005]
- WO 2007006065 A [0005]
- US 6474100 B1 [0007]
- EP 08008007 A [0008]