[19] **المملكة العربية السعودية SA**
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

[11] رقم البراءة: ٦٤
[45] تاريخ المنح: ١٤٢٣/٠٩/١٨هـ
الموافـــق: ٢٠٠٢/١١/٢٣م

[12] براءة اختراع

[72] **اسم المخترع:** والتر أف. ألبرز، جيمس آر. بيكمان
[73] **مالك البراءة:** والتر أف. ألبرز
عنوانه: ٢٦٢٦ أي. أريزونا بيلتمور سيركل، رقم٢٣، فينيكس، اريزونا، ٨٥٠١٦، الولايات المتحدة الأمريكية
[74] **الوكيل:** سعود محمد الشواف

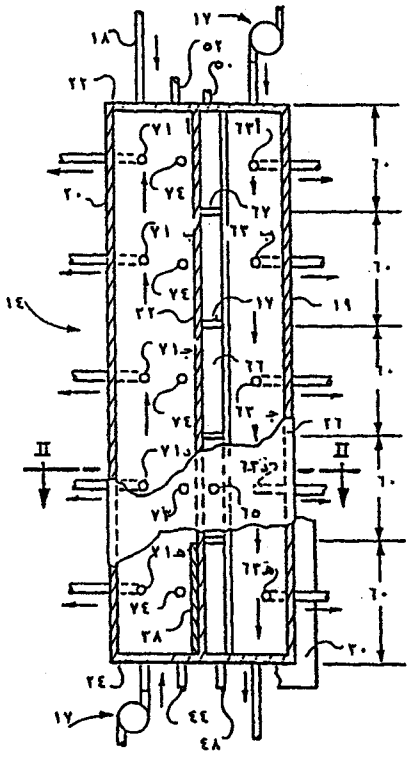
[21] **رقم الطلب:** ٩٠١٠٠٢٥٣
[22] **تاريخ الإيداع:** ١٤١٠/١٠/٢٨ هـ.
الموافق: ١٩٩٠/٠٥/٢٣ م.

[24] **بداية سريان حقوق الملكية الفكرية:**
١٤٢٣/٠٩/١٨ هـ الموافق: ٢٠٠٢/١١/٢٣ م
[30] **بيانات الأسبقية:**
١٩٨٩/٠٥/٠٣ م أمريكا [US] ٣٤٧١٥٩
[51] **التصنيف الدولي[7] :**
Int. Cl.[7]: F28D 3/04, F28F 13/02
[56] **المراجع:**
براءة أمريكية ٤٨٣٢١١٥ ١٩٨٩/٠٥/٢٣ م

[54] **اسم الاختراع: طريقة وجهاز للإنتقال المتزامن للحرارة والكتلة باستخدام مجموعة تيارات غازية.**

[57] **الملخص:** يتعلق الاختراع الحالي بطريقة وجهاز لانتقال الحرارة والكتلة يمكن تطبيقها على: تركيز، بلورة، تنقية، تجزئة، تجريد، امتصاص و/أو تبادل حرارة الأوساط السائلة، وتعديل الحرارة والرطوبة للأوساط الغازية. باستخدام مجموعة من تيارات الغاز المتحركة، تتكون مثلا من الهواء، تحت ضغوط ثابتة وعادةً الضغط الجوي، ينشأ تغير مستمر في اتزان بخار ــ سائل لتيارات الغاز بين درجات حرارة غاز وسائل متقاربة لكن دائمة التغير في كل مجموعة من مجموعات غرف تبادل الحرارة. يسمح ترطيب الغرفة، المنفذ قطاعيا، بانتقال الكتلة إلى داخل وخارج تيارات الغاز. يتسبب فرق صغير في درجات الحرارة مفروض بين الغرف، ناتج عن اختلاف درجات حرارة تيارات الغاز الداخلة إلى الغرف أو تغير رطوبة تيارات الغاز هذه داخل الغرف، في انتقال الحرارة بين الغرف من خلال فواصل ناقلة للحرارة. هذا الانتقال يسمح بالتكثيف على أحد جانبي الفاصل لزيادة التبخر على الجانب الثاني من الفاصل. يسمح الترطيب المنفذ قطاعيا أيضا لتركيز المادة المرطِّبة المسبب بالتبخر، أو التكثيف الانتقائي أو الامتصاص للاختلاف بين القطاعات المرطَّبة. وتوفر بصفة عامة حركة هجرة السوائل الموصلة بين هذه القطاعات المرطَّبة ظهور منحدرات تركيز مناسبة بين القطاعات المرطَّبة على امتداد أطوال الغرفة.

٩ عناصر حماية ، ٣ أشكال



شكل (١)

طريقة وجهاز للانتقال المتزامن للحرارة والكتلة باستخدام مجموعة تيارات غازية

الوصف الكامل

خلفية الاختراع :

البراءة الأمريكية رقم ٤٨٣٢١١٥ الممنوحة في ٢٣ مايو ١٩٨٩م المسماة "طريقة وجهاز للانتقال المتزامن للحرارة والكتلة المخترعة بواسطة كل من والتر ف. البرز وجيمس ر. بكمان، ذات صلة بالطلب الحالي.

يتعلق الاختراع الحالي بطريقة لانتقال الحرارة وانتقال الكتلة. كما هو مستخدم هنا فإن انتقال الحرارة يعني حركة الطاقة التي تسخن أو تبرد مائع (سائل أو غاز)، أو تبخر سائل أو تكثف بخار يتضمن سطح بيني لغاز/ سائل. انتقال الكتلة هو حركة سائل متبخر من الطور السائل إلى الطور الغازي أو حركة البخار المتكثف من الطور الغازي إلى الطور السائل.

وصف عام للاختراع :

يوظف الاختراع الحالي مجموعة تيارات غازية حيث تعرّف الغازات بشكل عام كأبخرة أو غازات غير متكثفة، معظم الحالات تنجز باستخدام الهواء المحيط. يتدفق تيار غاز أول خلال غرفة أولى ويتدفق تيار غاز ثاني خلال غرفة ثانية، حيث الغرف متصلة حراريا. وتعني كلمة متصلة حراريا، في هذا السياق، تقارب الموائع (غاز و/أو سائل) من كل غرفة تقاربا شديدا تبادليا على الجوانب المقابلة من فاصل ناقل للحرارة بحيث يمكن انتقال الحرارة بين الغرفة الأولى والغرفة الثانية عند المرور خلال الغرف، تعمل الغازات عادة تحت ضغط ثابت تقريبا، يضاف فرق ضغط صغير للتغلب على الفقد الناتج من الاحتكاك. تختلف درجة حرارة الغاز الذي يدخل الغرفة الأولى عن الغاز الخارج من الغرفة الثانية بسبب الاختلاف في درجة حرارة تيارات الغاز التي تدخل كل غرفة أو بسبب تغييرات الرطوبة، داخل الغرف، لتيارات الغاز التي تدخل الغرف. يتسبب هذا الفرق في درجة الحرارة في خلق وادامة تفاضل حراري لتلك الغازات عادة من احد أطراف الغرفة إلى الطرف الآخر. تسبب التفاضلات

الحرارية تلك اقتراب الغازات من قيمة الاتزان للنظام بخار ــ سائل وبالتالي تصبح مهيأة لاستقبال أو فقد الأبخرة. قيمة الاتزان هي تركيز اتزان بخار ــ سائل أو درجة حرارة اتزان بخار ــ سائل. يحدث اتزان بخار ــ سائل عندما يتساوى تماما ميل الجزئيات للانفلات من طور السائل إلى طور البخار مع ميل نفس الجزئيات للانفلات من طور البخار لتدخل إلى طور السائل عند نفس درجة الحرارة الضغط.

تضاف مواد مرطّبة إلى جزء من الغرفتين أو إليهما معا. المادة المرطّبة هي سائل وعادة سائل خامل. في بعض الحالات، يمكن أن تكون المادة المرطّبة متفاعلة، بمعنى أن جزيئاتها يمكن ربطها كيميائيا مع بعضها البعض أو مع الغاز. عملية الترطيب هذه مجزئة بمعنى: (١) أن الغرفة تقسم على امتداد طولها إلى أقسام متعاقبة يمكن أن تتساوى أو لا تتساوى في الطول و (٢) تخفيض المزج غير الموجّه للمواد المرطّبة إلى أدنى درجة بين القطاعات و (٣) ترتيب القطاعات المرطّبة في الغرفة الاولى والغرفة الثانية على التوالي بحيث يحدث إنتقال الحرارة بين الغرفة الأولى والثانية بكيفية تغير مستمر لدرجات حرارة المواد المرطّبة المقسمة في اتجاه واحد عبر الغرفة و (٤) أنه أثناء ترطيب قطاع، والذي يحتوي أيضا على منطقته الفاصلة لتبادل الحرارة، تظل جملة المواد المرطّبة ضمن قطاع لفترة زمنية مطلوبة لأجل: (أ) إن درجة حرارتهم تتبع درجة حرارة الغاز داخل ذلك القطاع، و/أو تتبع درجة حرارة قسم مرطّب آخر في قطاع غرفة ثانية متصل حراريا مع قطاع الغرفة الاولى، و(ب) لكي يحدث مستوى محدد مسبقا من التبخير أو التكثيف في أو من أي تيار غاز موجود كما هو مستحث نتيجة عدم اتزان البخار ــ السائل المصاحب للغاز الخاص بتيار الغاز والمادة المرطّبة.

يمكن توفير حركة هجرة للمواد المرطّبة لمجموعة من القطاعات، وتعني حركة الهجرة: (١) الحركة الفعلية للمواد المرطّبة الى داخل وخارج قطاع حيث ان المادة المرطّبة عند خروجها من قطاع مرطّب، على الأقل خاصية واحدة مختارة تختلف عن نفس الخاصية المختارة لها عندما دخلت المادة المرطّبة القطاع المرطّب، حيث الخاصية المختارة هذه إما درجة الحرارة أو تركيز المادة المرطّبة و (٢) إن جزءً من المواد المرطّبة في القطاع

المرطَّب يخرج من هذا القطاع ليدخل في قطاع مرطَّب مجاور. وتسمح حركة الهجرة هذه بين القطاعات لخاصية مادة مرطّبة من أحد القطاعات بالتأثير على نفس الخاصية في قطاع مجاور، وبتكرار هذا التعاقب في مجموعة من القطاعات المرطَّبة يمكن الحصول على الأقل على حركة كلية ذات اتجاه واحد للمواد المرطّبة هذه مع تغيير تتابعي لخاصية مختارة واحدة على الأقل. ويتم التحكم في معدل حركة الهجرة بالإضافة إلى أو بالخصم من الغرفة في مواقع مختلفة في الغرفة بواسطة أي وسيلة للحصول على الفترة الزمنية المطلوبة لتواجد المادة المرطّبة في قطاع مرطَّب.

في التشغيل، عند حدوث البخر من هذه المواد المرطّبة إلى تيار الغاز او التكثيف الإنتقائي من تيار الغاز هذا، يوفر الترطيب المقسم مرتبطا مع حركة الهجرة الأحداث التالية: أولا: لأن قطاعا ما يُرطَّب أساسا بنفس المواد المرطّبة ذاتها، فإن خواص المادة المرطّبة المحلية يمكن أن تجبر على التغيير، ثانيا: بسبب كون حركة الهجرة من قطاع إلى آخر، فإن تركيز قطاع معين يؤثر في تركيب المادة المرطّبة الخاصة بالقطاع التالي، حيث يمكن تغيير تركيب المادة المرطّبة مرة أخرى بالتبخر أو التكثيف. وبهذه الكيفية، يمكن تنمية والحفاظ على منحدرات خواص مادة منتقاة على طول الغرفة.

تشكّل الغرفتان الأولى والثانية الموضحتان هنا زوج من الغرف. بصفة عامة يتسبب زوج واحد من الغرف في التبخير من أحد الغرف إلى تيار الغاز الموجود فيها والتكثيف في الغرفة الأخرى من تيار الغاز الموجود فيها. تعادل الطاقة المفقودة من غرفة التكثيف الطاقة المكتسبة في غرفة التبخير تقريبا. لاعادة استخدام طاقة تيار غاز غرفة التبخير، يمكن إدخال تيار الغاز ذلك في غرفة التكثيف الخاصة بزوج آخر من الغرف. بهذه الكيفية يمكن إعادة استخدام طاقة تيار غاز غرفة التكثيف الاصلية عدة مرات بتعدد توصيل ازواج الغرف وتيارات الغاز.

ستتضح هذه السمات الخاصة بالاختراع الحالي وغيرها عند قراءة الوصف التفصيلي التالي مع الرسومات المرفقة.

شرح مختصر للرسوم:

الشكل (١): منظر مسقط أفقي، مع استبعاد بعض الأجزاء، لأداة مزدوجة لغرفة طبقا للاختراع الحالي مع توضيح حركة الغاز تخطيطيا،

الشكل (٢): منظر لقطاع عرضي مأخوذ على امتداد ٢-٢ من الشكل (١) مع وجود أجزاء موضحة تخطيطيا،

الشكل (٣): منظر مسقط أفقي، مع استبعاد بعض الأجزاء، لمجموعة متعددة متصلة من الأدوات وفقا للاختراع الحالي مع وجود وحدة تبادل حراري إضافية، ومبرِّد للغاز إضافي اختياري، وحركة غاز موضحة تخطيطيا.

الوصف التفصيلي:

بالإشارة الآن إلى الاشكال (١) و(٢)، يظهر الجهاز الخاص بالانتقال المتزامن للحرارة والكتلة طبقا للاختراع الحالي ويشار إليه عادة بالرقم (١٤) مع وحدات حركة الغاز (١٧)، حركة الغاز موضحة بالمجرى (١٨). تظهر الأداة (١٤) كمستطيل متوازي الأنابيب وله جدران جانبية (١٩) و (٢٠) وجدران طرفية (٢٢) و(٢٤) وجدار علوي (٢٦) وجدار سفلي (٢٨)، وعادة ما تكون تلك الجدران معزولة بالعازل (٣٠). كما هو موضح تخطيطيا، فإن الفاصل (٣٢) يقسم الأداة (١٤) إلى زوج من الغرف: الغرفة (٣٤) والغرفة (٣٦). يعمل الفاصل (٣٢) كسطح توصيل للحرارة ويفضل أن يكون لوح متماسك ميكانيكيا مختارا من المجموعة التي تتكون من لدائن أو معادن أو زجاج غير عضوي او مكوناتها. يمكن عزل جزء صغير على أي من جانبي الفاصل (٣٢) بالعازل (٣٨).

تستخدم الأحواض (٤٠) و(٤٢) للسوائل الموجودة في الغرف المتوالية (٣٤) و(٣٦). تتوفر بوابات (٤٨) و(٥٠) لدخول أو خروج السائل من الحوض (٤٠) وتتوفر البوابات (٤٤) و(٥٢) للحوض (٤٢). يفضل تبادل الحرارة بين الحوض وسوائل التغذية للوصول إلى أقصى كفاءة للطاقة للأداة، بتبادل حرارة سائل التغذية الداخلي، مثلا، يمكن أن يمر سائل التغذية خلال المجرى (٤٦) الموضح بحيث يمكن انتقال الحرارة بين السائل الموجود فيه والسوائل الموجودة في الأحواض (٤٠) و(٤٢).

يمكن أن يُرطَّب الفاصل (٣٢) على الجانب (٥٦) المواجه للغرفة (٣٤) وعلى الجانب

(٥٨) المواجه للغرفة (٣٦) باستخدام جهاز بديل يسمح بتقسيم تغيرات درجات الحرارة في السوائل المرطّبة وفروقات التركيب على امتداد الفاصل. يعتمد جهاز الترطيب المقسم المفضل على تقسيم طول الفاصل إلى قطاعات عديدة مشار إليها بالرقم (٦٠) حيث لا يحدث مزج للسوائل بين تلك القطاعات لأي مستوى مقبول. يمكن إزالة السائل (٦٢) من الحوض (٤٠) عن طريق البوابة، الموضحة عامة بالرقم (٦٣)، ويعاد إلى قمة الغرفة (٣٤) عن طريقة المضخة (٦٤) والبوابة (٦٥) حيث يخرج السائل (٦٢) إلى الجانب (٥٦) من الفاصل (٣٢) عبر جهاز التوزيع (٦٦). جهاز التوزيع (٦٦) موضح هنا كلوح مثقب طوله يساوي طول القطاع (٦٠) وينتهي بالانسدادات (٦٧). ويفضل جهاز التوزيع هذا للأدوات ذات القناة الضيقة، مثلا، في غرف يصل عرضها إلى ٢سم. مجموعة أجهزة الضخ والتوزيع هذه، والتي لحوضها بوابات إخراج (٦٣) موجودة عند (٦٣أ) إلى (٦٣هـ) متمركزة في قطاعها (٦٠)، يمكن ان توفر ترطيب كامل لفاصل مع الحفاظ التام على درجة حرارة السائل وعلى تركيز مناسب على امتداد طول الحوض (٤٠). مع ذلك، فحيث أن بالإمكان تدفق السائل (٦٢) في داخل الحوض (٤٠)، يمكن ان تحدث بعض من حركة الهجرة من المدخل (٤٨) إلى المخرج (٥٠) أو يمكن حدوث الهجرة في الاتجاه العكسي.

بنفس الكيفية، يمكن ان يزال السائل (٧٠) من الحوض (٤٢) من خلال البوابة (٧١) ويعاد إلى قمة الغرفة (٣٦) عن طريق المضخة (٧٦) من خلال البوابة (٧٣). يتم الإخراج على الجانب (٥٨) من الفاصل (٣٢) من خلال جهاز التوزيع (٧٤) الموضح كفوهة رش. يمكن أن توضع فوهة الرش في أماكن أخرى، مثلا رش إلى أعلى من الحوض، وهي مفضلة للأدوات ذات القناة الأوسع. مجموعة أجهزة التوزيع هذه، كل منها يرش مساحة قطاع بواسطة بوابات إخراج من (٧١أ) إلى (٧١هـ) متمركزة في قطاعها المناظر (٦٠)، تسمح بالحفاظ على كمال سائل الحوض. حيث أن السائل (٧٠) غير محصور، لذا يمكن أن تحدث حركة هجرة إلى بوابة الإخراج (٥٢).

يمكن توفير الأجهزة الخاصة بتحريك الغاز عبر الغرف والمتصلة بالأداة (١٤) عن طريق وحدة حركة الغاز (١٧) للغرفة (٣٤) ووحدة حركة الغاز (١٧) للقناة (٣٦).

يجوز أن تختلف أو تتساوى درجة حرارة الغاز الذي يدخل الغرفة (٣٤) مع درجة حرارة الغاز الذي يدخل الغرفة (٣٦). الا أن درجة حرارة تيار الغاز في الجزء الابتدائي من الغرفة (٣٦) يجب أن تختلف عن درجة حرارة تيار الغاز الخارج من الغرفة (٣٤) لتوفر انتقال الحرارة خلال الفاصل (٣٢). فعلى سبيل المثال، لو كانت تيارات الغاز من نفس مصدر الغاز وغير مشبعة، اذا شُبع أحد التيارات بالمواد المرطّبة في الغرفة ولم يكتسب أو يفقد تيار الغاز الثاني بخاراً، فإن الغاز المشبع سوف يسخن في حين أن الغاز الجاف سوف يبرد. علاوة على هذا، فلو أن الغازات لها نفس درجة الحرارة ومشبعة، وكانت أحد الغرف تحتوى على مادة مرطّبة مجففة تزيل البخار من طور الغاز وبذلك تتسبب في تسخين طور الغاز، فسوف يتحقق تفاضلا في درجات الحرارة بين الغرف مسببا تبريد الجانب الأكثر دفئا مع تسخين تيلو الغاز الأخر. أخيرا، إذا كانت درجة حرارة تياري الغاز مختلفة فسوف يتحقق تفاضلا في درجات الحرارة بين الغرف.

الاختراع، كما وصف حتى الآن، يمكن تطبيقه لتبريد غاز وتسخين غاز، حيث تتضمن موائع التشغيل في الغرف سوائل ملحية تعمل أو لا تعمل كمجففات وماء يعمل كمشبع. بالإشارة إلى الشكل (١) وإلى الشكل (٢)، في نظام تبريد غاز بدون تغيير في رطوبة غاز التبريد، يدخل هواء المحيط الخارجي إلى داخل الغرفة (٣٤) باستخدام وحدة تحريك الغاز (١٧). على امتداد معظم طول الغرفة، مثلا، القطاعات (٦٠) والمعرّفة بـ (٦٣أ) إلى (٦٣د)، يصبح الهواء أكثر برودة بإعطاء حرارة محسوسة إلى غرفة تبخير أكثر برودة (٣٦) على الجانب العكسي للفاصل (٣٢). يمكن استخدام سائل مجفف في الحوض (٤٠) لا يهاجر أو يهاجر ببطء كرذاذ لحث نقل الحرارة في الغرفة (٣٤). يساعد الضخ القطاعي لهذا السائل المجفف في تقليل مزج السائل، وبذلك يحافظ على شكل درجات الحرارة الخاص بالمجفف في الغرفة. تيار الهواء، المبرد حالياً وغير المشبع بصفة عامة، يمكن زيادة تبريده اختياريا بالترطيب الاديباتي (كاظم للحرارة) داخل الغرفة (٣٤) بالترطيب بالماء في القطاع (٦٠) الموقع (٦٣هـ)، وبذلك يستخدم العازل (٣٨)، بهذه الطريقة أو غيرها من طرق التشغيل الأخرى، في غرفة منفصلة. يحقن تيار الهواء المشبع البارد في مساحة حية أو مساحة تخزين،

وبعد امتصاص الحرارة، يطرد منها.

يمكن أن يعرَّض تيار آخر من الهواء المحيط للتبريد بالترطيب الأدياباتي داخل القطاع (٦٠) في الموقع (٧١هـ) أو، في هذه أو في طرق أخرى للتشغيل، على حدة في أي مبرد قابل للبخر. يدفع تيار الهواء الثاني هذا، الذي أصبح أكثر برودة الآن من تياره المقابل، ليدفأ تدريجيا خلال الغرفة (٣٦) بواسطة الطاقة المتبادلة من خلال الفاصل (٣٢) من غرفة التبريد (٣٤). يقلل هذا الارتفاع في درجة الحرارة بترطيب الغرفة (٣٦) بالماء على أجزاء، وبذلك يتم تيسير التبخر من غرفة (٣٦) إلي تيار الهواء وامتصاص معظم الطاقة المنقولة خلال الفاصل (٣٢). يمكن أن يكون لماء التبخير هذا دفق مهاجر لمنع زيادة محتواه من المواد الصلبة المذابة ويمكن، في هذا المثل، أن يتدفق من بوابة (٥٢) إلى بوابة (٤٤) من خلال الفاصل (٣٢). هذا الهواء يجعل الغرفة (٣٦) ذات درجة حرارة تشبع أعلى من تلك بعد دخوله إلى الغرفة (٣٦). في التشغيل المستمر، لو نزع الماء من هذا الهواء الخارج نزعا اديابانيا باستخدام مجفف، والذي يمكن أن يكون في غرفة منفصلة أو في امتداد غرفة، فإن درجة حرارته سوف تزيد عن درجة الحرارة المحيطة وبذلك تصبح أعلى مما كانت عليه عند دخوله إلى الغرفة (٣٦).

في نمط تبريد ثان يتضمن تغييرا في الرطوبة، فإن سائل نزع للماء، الذي يدخل من البوابة (٤٨) بشكل عام، يتدفق بطريقة مهاجرة من قطاع إلى قطاع بعكس اتجاه تيار الهواء ويخرج مع الماء الذي امتصه من خلال البوابات (٦٣جـ)، (٦٣د) أو (٥٠). مع تحرك الهواء خلال الغرفة (٣٤)، يستمر تبريد الهواء وتقل رطوبته المطلقة ورطوبته النسبية وفقا لقوة سائل نزع الماء. في أي قطاع لا يحتوي على سائل نزع الماء، تظل رطوبة الهواء المطلقة ثابتة، في حين تزيد رطوبته النسبية مع برودة الغاز. يتم نقل الطاقة الناتجة عن التكثيف ضمن سائل نزع الماء في الفاصل (٣٢) لتؤدي إلي تبخر إضافي داخل الغرفة (٣٦). يمكن زيادة تبريد تيار الهواء، المبرد وغير المشبع حالياً بالترطيب الاديابانى (كاظم للحرارة) ثم يحقن في الفراغ. تتم معالجة تيار آخر من الهواء المحيط، كما هو موضح بعاليه، باستخدام الترطيب المقسم المطبق على امتداد طول الغرفة (٣٦). يغادر هذا الهواء الغرفة (٣٦) عند درجة

حرارة بُصلة مبتلة wet bulb أعلى من تلك عند دخوله إلى الغرفة (٣٦). في عملية تشغيل بديلة، لو نُزع الماء من هذا الهواء الخارج نزعا اديباتيا باستخدام سائل مجفف، سوف تزيد درجة حرارته عن درجة الحرارة المحيطة، وبذا يعمل كمسخن للغاز.

يمكن أن تتم إعادة تركيز السوائل النازعة للماء باستخدام جهاز تركيز طور السائل و طريقة الاختراع الحالي والتي سوف تشرح الآن.

بالإشارة الآن إلى الشكل (٣)، وهو مسقط أفقي، يماثل الشكل (١) يُظهر تجسيد بديل للأداة (١٤) حيث توصل الغرف المجاورة لأزواج الغرفة المتعددة الأدوات (١٤) بسريان سوائلها وغازاتها. تظهر ثلاث أزواج من الغرف، على سبيل إيضاح الاختراع، بالرغم من أنه يمكن الربط بين زوجين أو أكثر عمليا. وضحت الغرف المناظرة من أزواج الغرفة بالغرف (٣٤) و (١٣٤) و(٢٣٤) والغرف (٣٦) و (١٣٦) و(٢٣٦) تُفصل الغرف الخاصة بكل زوج من الغرف بالفواصل (٣٢) و (١٣٢) و(٢٣٢) على التوالي، وتُفصل الفواصل الموصلة للحرارة وكل زوج من الغرف عن أزواج الغرف الأخرى بالعازل (٣٠).

يمكن أن تكون وحدة التبادل الحراري الإضافية (١٥) أي مصدر أو أداة تجعل درجة حرارة تشبع تيار الغاز داخل الجزء الابتدائي من الغرفة (٣٦) أعلى من درجة حرارة تشبع تيار الغاز الذي يغادر الغرفة (٣٤). الوحدة الإضافية لتبادل الحرارة، والموضحة كغرفة (٧٦)، يمكن أن يكون لها قطاعات (٦٠) من الأداة (١٤) وتحتوي على فاصل (٨٠) يعمل كسطح موصل للحرارة يماثل الفاصل (٣٢). الحرارة التي تنقل عبر الفاصل (٨٠) إلى الغرفة (٧٦) يمكن أن تأتي من أي مصدر. كأمثلة على ذلك، يمكن أن يتضمن المصدر تسخين مباشر بالملفات أو بالطاقة الشمسية أو بنقل الحرارة من بخار أو غاز أو تيار سائل.

يمكن توفير جهاز لتبريد غاز الدخول الذي يتم إدخاله في الغرفة (٢٣٤)باستخدام مبرد غاز إضافي اختياري (١٦) حيث يمر تيار الغاز في الغرفة (٧٨). يحتوي مبرد الغاز الإضافي (١٦) على فاصل (٨٠) وتنقل الحرارة من الغرفة (٧٨) إلى أي مغطس حرارة، مثل تيار هواء محيط مثلج اديابيتيكيا أو أي تيارات غاز أو سائل أخرى.

تتصل الأدوات المتعددة (١٤) ووحدة التبادل الحراري الإضافية (١٥) والمبرِّد

الإضافي الاختياري (١٦) فيما بينها عن طريق حركة السائل وحركة الغاز. بالنسبة لحركة السائل، يوجد عادة بوابتين لكل غرفة للأدوات (١٤) موضحة بالأرقام (٤٨) و(٥٠) للغرف المناظرة (٣٤) و (١٣٤) و(٢٣٤). للغرف المناظرة (٣٦) و (١٣٦) و (٢٣٦)، فإن تلك البوابات موضحة بالأرقام (٤٤) و(٥٢) لكل غرفة محددة. تصاحب الغرفة (٧٦) لوحدة التبادل الحراري الإضافية (١٥) بوابات (٤٨) و(٥٠)، في حين يحتوي مبرِّد الغاز الإضافي الاختياري (١٦) على بوابة (٥٢). يستخدم اثنين من تيارات السائل. تيار سائل واحد خاص بسوائل التغذية عموما، يربط البوابة (٥٠) الخاصة بوحدة التبادل الحراري الإضافية (١٥) عن طريق الأنبوب (٩٠) إلى البوابة (٤٨) الخاصة بالغرفة (٣٤). يخرج السائل من هذه الغرفة من خلال الأنبوب (٥٠) والتي تتصل بدورها من خلال الأنبوب (٩١) بالبوابة (٤٨) في الغرفة (١٣٤). يخرج السائل من الغرفة عبر البوابة (٥٠) ويتدفق في الأنبوب (٩٢) إلى البوابة (٤٨) للغرفة (٢٣٤). خروج سائل التغذية من الغرفة (٢٣٤) ومن العملية يتم توفيره عبر المخرج (٥٠) في بعض التطبيقات يمكن أن يعكس اتجاه تدفق هذا السائل، مثلا، عند استخدام سائل تغذية ضعيف والذي عند تركيزه ثانية، لا يعدل بشكل ملحوظ ضغط بخار المائع المتبخر. يتدفق تيار السائل الأخر، للسوائل المكثفة بشكل عام، من البوابة (٥٢) للغرفة (٣٦)، عن طريق الأنبوب (٩٣)، إلى البوابة (٤٤) للغرفة (١٣٦) ويخرج من هذه الغرفة عن طريق البوابة (٥٢). تتصل البوابة (٥٢) بالغرفة (٢٣٦) عن طريق الأنبوب (٩٤) والبوابة (٤٤). خروج السائل من الغرفة (٢٣٦) ومن العملية يتم من خلال البوابة (٥٢). إزالة السائل من الغرفة (٧٨) الخاصة بالمبرد الإضافي (١٦) وهو بشكل عام تيار سائل منفصل، تتم بواسطة البوابة (٥٢). تتم حركة الغاز لتيارات الغاز المتعددة باستخدام وحدات متعددة لحركة الغاز (١٧)، حيث تتسبب وحدات حركة الغاز (١٧)، مع المجاري (١٨)، في تنامي حلقات غاز محددة باتجاهات التدفق الموضحة بالاسهم. يعاد تدوير تيار الغاز الاول من خلال الغرفة (٧٦) لمبادل الحرارة الاضافي (١٥) والغرفة (٣٦) للاداة (١٤). الان، باعتبار الادوات (١٤) فقط، يتدفق تيار الغاز الثاني في الغرف (٣٤) و (١٣٦) في حين يعاد تيار الغاز الثالث في الغرف (١٣٤) و (١٣٦). يتدفق تيار الغاز الرابع في الغرفة (٢٣٤) ويخرج الى الجو او يدور

اختياريا في وحدة تبريد اضافية (١٦) ويدخل ثانية الى الغرفة (٢٣٤).

يُطبق الاختراع في تركيز أو تبلور او تنقية طور سائل حيث، مثلا، يمكن زيادة تركيز محلول ملح الى محلول اجاج او الى حالة معظمها متبلور مع الحصول على ناتج تقطير نقي فعليا. في التشغيل كما هو موضح في الشكل (٣)، يرتبط مصدر الحرارة مثل الوحدة الاضافية لتبادل الحرارة (١٥) مع ازواج غرف عديدة، موضحة كأدوات متعددة (١٤)، ثم الى مبرد غاز اضافي اختياري (١٦) بطريقة بحيث ان طاقة درجات الحرارة العالية المنقولة من خلال الفاصل (٨٠) الخاص بالوحدة الاضافية لتبادل الحرارة (١٥) تنقل بالمثل من خلال الفواصل (٣٢)، (١٣٢) و (٢٣٢) عند درجات حرارة اقل تناقصياً. طاقة درجات الحرارة المنخفضة الخارجة من الغرفة (٢٣٤) في تيار الغاز الخارج اما ان تطرد الى الجو كغاز عادم يحل محله غاز جوي يدخل الغرفة (٢٣٤) او يعاد تدوير الطاقة المنخفضة بعد التبريد في مبرد غاز اضافي (١٦) مع تبادل الحرارة من خلال الفاصل (٨٠) بالتوصيل الى جو اكثر برودة. هذا التدرج من درجات الحرارة العالية الى المنخفضة يتكون من خلال مجموعة ازواج الغرف للسماح بتدفق الطاقة من الساخن الى البارد. ايضا، كما هو موضح في الوحدة (١٤) السابق وصفها، يتحقق تدرج اخر لدرجات الحرارة في كل غرفة من ازواج الغرف مع تدفق الغاز من طرف الى الطرف الاخر للغرفة. الغرف التي تسخن الغاز بطاقة الفاصل تتسبب في تبخر السائل، في حين ان الغرف التي تبرد الغاز بسحب الطاقة من خلال الفاصل تتسبب في تكثيف السوائل النقية.

بتفصيل اكثر، يحرك الغاز باستخدام وحدة تحريك الغاز (١٧) الى غرفة (٧٦) لوحدة التبادل الحراري الاضافية (١٥) حيث تمر الطاقة من أي مصدر حراري من خلال الفاصل (٨٠)، لتسخن وتتسبب في تبخر الغاز لتعطي غاز بطاقة اعلى. سوائل التغذية اللازمة التشبع هذا الغاز بالتبخير يمكن اضافتها الى وحدة التبادل الحراري الاضافية (١٥) عن طريق البوابة (٤٨).

يتدفق الغاز عالي الطاقة الخارج من الغرفة (٧٦) الى الغرفة (٣٦) للزوج الاول من الغرفة حيث يُبرد مع تكوين ناتج تكثيف. يخرج الغاز عالي الطاقة من الغرفة (٣٦) كغاز

منخفض الطاقة ليعاد تدويره الى وحدة تسخين اضافية (١٥) باستخدام اداة تحريك الغاز (١٧). تنقل طاقة التكثيف من الغرفة (٣٦) الى الغرفة (٣٤) من خلال الفاصل (٣٢). يدخل الغاز الخارج من الغرفة (١٣٦)، والاكثر برودة من الغاز الخارج من الغرفة (٣٦)، في الغرفة (٣٤) مع سائل التغذية غير المتبخر من البوابة (٥٠) للغرفة (٧٦) الى البوابة (٤٨) للغرفة (٣٤). يتحرك الغاز في الغرفة (٣٤) بعكس اتجاه حركة سوائل التغذية اثناء دخول الحرارة من الفاصل (٣٢). تتسبب الحرارة الداخلة في تدفئة الغاز الموجود في الغرفة (٣٤) وتبخير الماء من سائل التغذية، وبذلك يعاد استخدام الطاقة التي قدمها الفاصل (٨٠) اصلا. يغادر الغاز الساخن المشبع الغرفة (٣٤) ويعاد تدويره الى الغرفة (١٣٦) الخاصة بزوج الغرف الثاني حيث يكثف البخار وتنقل الحرارة من خلال الفاصل (١٣٢) الى الغرفة (١٣٤). يتدفق ناتج التكثيف الخارج من الغرفة (٣٤) عند البوابة (٥٢) الى البوابة (٤٤) للغرفة (١٣٦)، في حين يترك سائل التغذية غير المتبخر كله الغرفة (٣٤) عن طريق البوابة (٥٠) ويدخل الغرفة (١٣٤) عن طريق البوابة (٤٨). ينقل الفاصل (١٣٢) نفس كمية الحرارة بالضرورة التي نُقلت من خلال الفاصل (٨٠) لوحدة التبادل الحراري الاضافية (١٥) والفاصل (٣٢) بين الغرفتين (٣٤) و (٣٦). من ثم تستخدم الحرارة التي نُقلت الى الغرفة (٧٦) لمرة ثالثة لتبخير الماء من سائل التغذية. يُحرك الغاز من الغرفة (٢٣٦) الخاصة بآخر ازواج الغرف، وهو غاز اكثر برودة عن الغاز الخارج من الغرفة (١٣٦)، بواسطة اداة لحركة الغاز (١٧) ليدخل الغرفة (١٣٤)، وبذلك يُسخن ويُبخر سوائل التغذية. يعاد تدوير الغاز الخارج من الغرفة (١٣٤) بواسطة وحدة حركة الغاز (١٧) الى الغرفة (٢٣٦). يتدفق ناتج التكثيف، من الغرفتين (٣٦) و (١٣٦)، الخارج حالياً من الغرفة (١٣٦)، الى الغرفة (٢٣٦) وتتحرك سوائل التغذية غير المتبخرة من الغرفة (١٣٤) الى الغرفة (٢٣٤)، وعامة بفعل الجاذبية. يُرسل الغاز منخفض الطاقة من مصدر محيط او من وحدة تبريد اضافية (١٦) الى الغرفة (٢٣٤) بواسطة جهاز اخر لحركة الغاز (١٧) حيث تقل درجة حرارته عن درجة حرارة الغاز الخارج من الغرفة (٢٣٦). بذلك، يفقد تيار الغاز في الغرفة (٢٣٦) طاقة من خلال الفاصل (٢٣٢) الى تيار الغاز في الغرفة (٢٣٤). تتسبب هذه الحرارة في تسخين الغاز في الغرفة (٢٣٤) وفي

تبخير الماء من سوائل التغذية الموجودة في الغرفة (٢٣٤) مما يؤدي مرة ثانية الى اعادة استخدام الطاقة من الفاصل (٨٠) في الوحدة الاضافية لتبادل الحرارة (١٥) لتبخير الماء. يمكن تسريح الغاز من الغرفة (٢٣٤) الى الجو او ارساله الى الغرفة (٧٨) الخاصة بالمبرد الاضافي (١٦). يخرج من العميل ناتج التكثيف من البوابة (٥٢) للغرفة (٢٣٦) وتخرج من العملية سوائل التغذية غير المتبخرة، ولكنها بتركيز مرتفع، من البوابة (٥٠) الخاصة بالغرفة (٢٣٤). أي ناتج تكثيف متكون في وحدة المبرد الاضافية (١٦) يخرج من العملية عند بوابتها (٥٢).

في هذا المثال اعيد استخدام الطاقة التي تغذي مبادل الحرارة الاضافي (١٥) اربعة مرات لتبخير الماء من سائل التغذية. اذا استخدمت ازواج غرف اضافية، سوف يزيد عدد المرات التي يمكن فيها اعادة استخدام الطاقة. بالاضافة الى ذلك، ولتحسين اعادة استخدام الطاقة، يمكن تبادل حرارة مغذى/ناتج التكثيف/والمركز من الداخل كما هو موضح في الشكل (٢). على سبيل المثال، يمكن ان يتدفق سائل تغذية بارد اصلا داخل الانبوب (٤٦) في حين ان كل من نواتج التكثيف وسوائل التغذية الاكثر دفئا غير المتبخرة تتدفق على أي من جانبي الاحواض المناسبة لهما.

تم تضمين الوصف التفصيلي السابق لتوضيح تشغيل المثال العملي المفضل وليس الغرض منه تحديد مجال الاختراع. مجال الاختراع يجب ان يحدد فقط لعناصر الحماية التالية. من الوصف السابق، سوف تتضح عدة تعديلات للخبراء في هذا المجال يمكن تضمينها في مجال وروح الاختراع.

عناصر الحماية

١ ــ جهاز لتغيير خاصية مختارة واحدة على الاقل لمادتين من المواد المرطّبة، ويتضمن الجهاز المذكور :

ــ غرفة أولى تحتوي على مجموعة من القطاعات.

ــ وسيلة ترطيب أولى للترطيب المجزأ الجوهرى لكل القطاعات المذكورة بالمادة الأولى.

ــ وسيلة هجرة موصلة بوسيلة الترطيب الأولى المذكورة لتقديم حركة هجرة للمادة الأولى المذكورة بين القطاعات المجاورة.

ــ غرفة ثانية تحتوي مجموعة ثانية من القطاعات.

ــ وسيلة ترطيب ثانية للترطيب المجزأ الجوهرى لكل الاقسام المذكورة الخاصة بالغرفة الثانية المذكورة بالمادة الثانية.

ــ فاصل ناقل للحرارة موصل حراريا بالغرفتين الأولى والثانية المذكورتين، حيث ترتبط القطاعات في الغرفة المذكورة الأولى والقطاع الثاني المذكور بالفاصل الناقل للحرارة المذكورة.

ــ وسيلة دفق غاز أولى تتحكم في دفق غاز أول في الغرفة الأولى المذكورة.

ــ وسيلة دفق غاز ثانية تتحكم في دفق غاز ثاني في الغرفة الثانية المذكورة، الغاز الأول المذكور والغاز الثاني المذكور مستقلان استقلالا جوهريا،ودفق الغاز المذكور في الغرفة الأولى المذكورة يكون، بصفة عامة في اتجاه معاكس لاتجاه دفق الغاز المذكور في الغرفة الثانية المذكورة، حيث تسمح درجات حرارة ورطوبة الغاز الاول المذكور والغاز الثاني المذكور عند دخول الغرفة الأولى والثانية المذكورتين المتفاعلان مع المواد المرطّبة باختلاف درجة الحرارة الخاصة بالغاز الاول المذكور الخارج من الغرفة الأولى المذكورة عن درجة حرارة الغاز الثاني المذكور الداخل للقطاعات المذكورة في الغرفة الثانية المذكورة، التغير المذكور في درجة الحرارة ينتج

عنه انتقال الحرارة بين الغرفتين الأولى والثانية المذكورتين من خلال الفاصل المذكور بين المادة الأولى المذكورة والمادة الثانية المذكورة، حيث درجات حرارة المادة الأولى المذكورة ودرجات حرارة المادة الثانية المذكورة على التوالي تقل عن درجة حرارة غليان كل مادة اثناء ترطيب المادة، حيث ينتج عن التفاعل البيني في القطاعات المذكورة بين المواد المذكورة والغاز المذكور تغير في خاصية مختارة واحدة على الاقل للمواد الأولى والثانية المذكورتين، يقترب الغاز المذكور من اتزان البخار ـ السائل مع كل المواد المذكورة لكل القطاعات المرطّبة المذكورة، حيث يسبب التفاعل البيني للمادة الأولى المذكورة وحركة الهجرة المذكورة الى ان تؤثر الخاصية المختارة المذكورة للمادة الأولى المذكورة في قطاع ما على الخاصية المختارة المذكورة للمادة الأولى المذكورة في القطاع المجاور.

٢ـ الجهاز الخاص بتغيير خاصية مختارة واحدة على الاقل طبقا لعنصر الحماية رقم ١ حيث الخاصية المختارة المذكورة هي درجة حرارة مادة.

٣ـ الجهاز طبقا لعنصر الحماية رقم ١ حيث الخاصية المختارة المذكورة هي تركيب مادة.

٤ـ الجهاز الخاص بتغيير خاصية مختارة واحدة على الاقل طبقا لعنصر الحماية رقم ١ يشتمل ايضا على وسيلة هجرة ثانية موصلة بوسيلة الترطيب الثانية المذكورة لتقديم حركة هجرة ثانية خاصة بالمادة الثانية المذكورة، حيث يسبب التفاعل البيني بين المادة الثانية المذكورة وحركة الهجرة الثانية المذكورة الى ان تؤثر خاصية مختارة للمادة الثانية المذكورة لقطاع في خاصية المادة الثانية المختارة المذكورة في قطاع مجاور.

٥ـ جهاز لنقل الحرارة والكتلة ويتضمن :

ـ زوج من الغرف له فاصل ناقل للحرارة.

ـ غرفة أولى لزوج الغرف المذكور حيث السطح الأول للفاصل المذكور هو حد للغرفة الأولى.

ـ غرفة ثانية لزوج الغرف المذكور حيث السطح الثاني للفاصل المذكور هو حد للغرفة الثانية، الغرفة الثانية المذكورة موصلة حراريا بالغرفة الأولى المذكورة بواسطة الفاصل الناقل للحرارة المذكور.

ـ وسيلة ترطيب أولى للترطيب المقسم لجزء على الاقل من الأسطح الأولى المذكورة بواسطة مادة مرطّبة أولى.

ـ وسيلة ترطيب ثانية للترطيب المقسم لجزء على الاقل من الأسطح الثانية المذكورة بواسطة مادة مرطّبة ثانية.

ـ وسيلة دفق مهاجر متصلة بوسيلة الترطيب الثانية المذكورة لتوفير دفق مهاجر للمادة المرطّبة الثانية المذكورة.

ـ وسيلة غاز متعددة لتنظيم دفق من الغازات تسبب تدفق غاز أول عبر الغرفة الأولى المذكورة من زوج الغرف المذكور وتدفق غاز ثاني عبر الغرفة الثانية المذكورة من زوج الغرف المذكور، الغاز الأول المذكور والغاز الثاني المذكور مستقلان استقلالا جوهريا، حيث يتدفق الغاز الأول والثاني المذكوران في كل زوج غرف المذكور في اتجاهان متعاكسان عبر الفاصل المذكور حيث تتسبب درجات حرارة ورطوبة الغازات المذكورة المتفاعلة مع المواد المرطّبة المذكورة في وجود فرق في درجة الحرارة بين الغرفة الأولى المذكورة والغرفة الثانية المذكورة يسمح بنقل الحرارة بين المادة المرطّبة الأولى المذكورة والمادة المرطّبة الثانية المذكورة من خلال الفاصل الناقل للحرارة المذكور ونقل الكتلة بين المادة المرطّبة الأولى والغاز الأول المذكور المتدفق من الغرفة الأولى المذكورة بين المادة المرطّبة الثانية المذكورة والغاز الثاني المذكور المتدفق من الغرفة الثانية المذكورة، حيث تقترب الغازات المذكورة من اتزان بخار ـ سائل مع كل مادة مرطّبة في كل قسم من أسطح الترطيب المجزأة المذكورة.

٦ــ جهاز لنقل الحرارة والكتلة ويتضمن :

ــ سلسلة من زوجين من الغرف على الاقل وكل منها له فاصل ناقل للحرارة.

ــ غرفة أولى لكل زوج من الغرف المذكور حيث السطح الأول للفاصل المذكور هو حد للغرفة الأولى.

ــ غرفة ثانية لكل زوج من الغرف المذكور حيث السطح الثاني للفاصل المذكور هو حد للغرفة الثانية، الغرفة الثانية المذكورة موصلة حراريا بالغرفة الأولى المذكورة بواسطة الفاصل الناقل للحرارة المذكور.

ــ وسيلة ترطيب أولى للترطيب المقسم لجزء على الاقل من الأسطح الأولى المذكورة بواسطة مادة مرطّبة أولى.

ــ وسيلة ترطيب ثانية للترطيب المقسم لجزء على الاقل من الأسطح الثانية المذكورة بواسطة مادة مرطّبة ثانية.

ــ وسيلة دفق مهاجر متصلة بوسيلة الترطيب الثانية المذكورة لتوفير دفق مهاجر للمادة المرطّبة الثانية المذكورة.

ــ وسيلة غاز متعددة لتنظيم دفق من الغازات وتتسبب في ان يتدفق غاز عبر الغرفة الأولى المذكورة من زوج الغرف الأول المذكور وفي الغرفة الأولى المذكورة من زوج الغرف الثاني المذكور، ويتدفق غاز في الغرفة الثانية المذكورة من زوج الغرف المذكور الاخير، بحيث يكون دفق الغاز المذكور في كل زوج غرف مذكور في اتجاه معاكس عبر الفاصل المذكور.

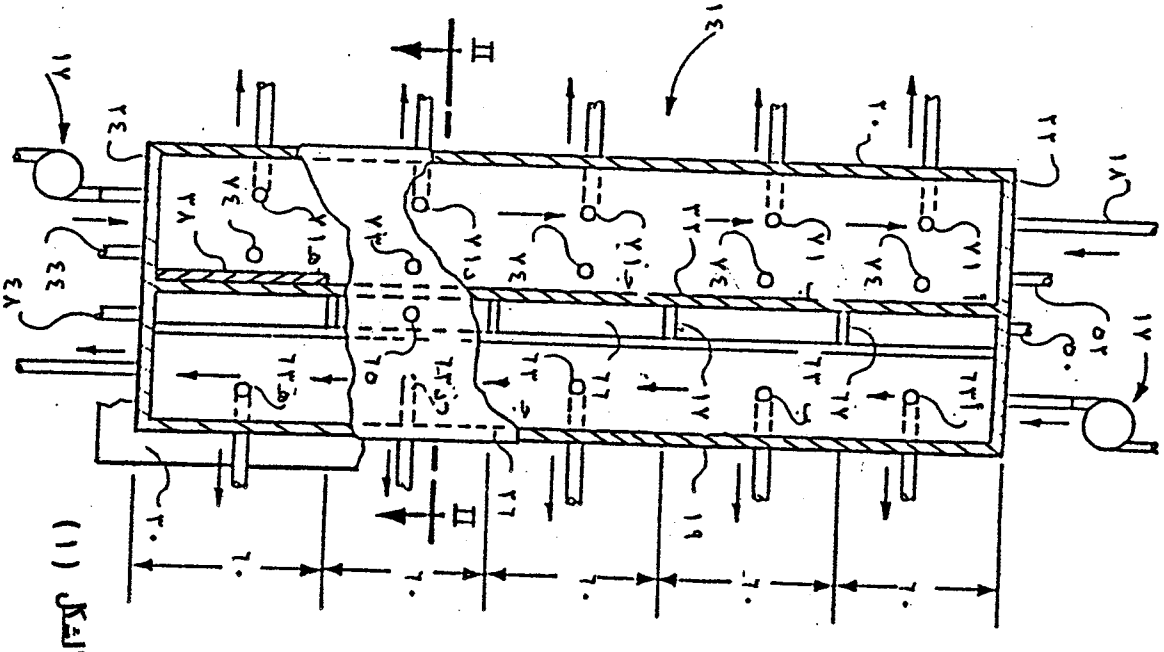
ــ وسيلة حرارية لتغيير درجة حرارة الغاز المذكور المتدفق خلال الغرفة الأولى المذكورة من زوج الغرف الأول المذكور، والوسيلة الحرارية المذكورة تتسبب في وجود فرق درجة حرارة بين كل الغرف الأولى المذكورة والثانية المذكورة لتسمح بنقل الحرارة بين المادة المرطّبة الأولى المذكورة والمادة المرطّبة الثانية المذكورة خلال الفواصل الناقلة للحرارة المذكورة ونقل الكتلة بين المادة المرطّبة الأولى

المذكورة والغازات المذكورة المتدفقة في الغرف الأولى المذكورة وبين المادة المرطّبة الثانية المذكورة والغازات المذكورة المتدفقة في الغرف الثانية المذكورة، حيث يحدث تدرج في درجة الحرارة بين ازواج الغرف المذكورة ودرجات الحرارة في غرفة تكون مختلفة من طرف واحد للآخر، حيث الغازات المذكورة تقترب من اتزان بخار ــ سائل مع كل مادة مرطّبة في كل جزء من الاسطح المرطّبة المقسمة المذكورة، وثمة حرارة بواسطة الوسيلة الحرارية المذكورة تساوي تقريبا الحرارة التي نقلت من خلال كل فاصل مذكور.

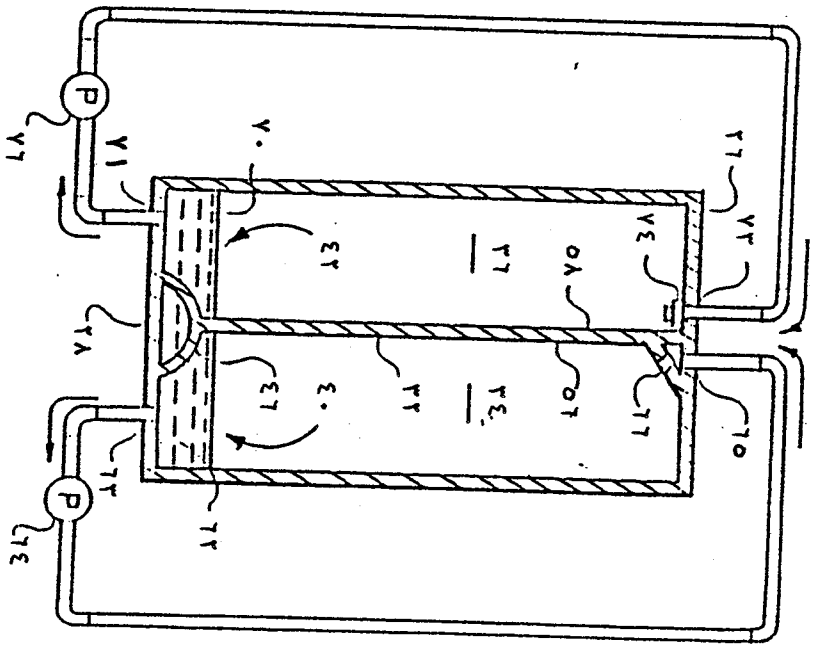
٧ ــ جهاز لانتقال الحرارة والكتلة طبقا لعنصر الحماية رقم ٦ ويتضمن ايضا دفق مهاجر ثاني موصل بوسيلة الترطيب الاولى المذكورة لتوفير دفق مهاجر من المادة المرطّبة الاولى المذكورة.

٨ ــ جهاز لانتقال الحرارة والكتلة طبقا لعنصر الحماية رقم ٦ ويتضمن ايضا وسيلة اضافية لتبادل الحرارة تحتوي على غرفة بها فاصل تبادل حرارة، وسيلة ترطيب للترطيب المقسم ودفق مهاجر موصل بوسيلة الترطيب المذكورة، وسيلة التبادل الحراري الاضافية المذكورة تستقبل غاز بواسطة وسيلة الغاز المذكورة لتعطي دفق غاز الى الغرفة الأولى المذكورة من زوج الغرف الأول المذكور، ودفق الغاز المذكور يرجع بعد ذلك الى وسيلة التبادل الحراري الاضافية المذكورة.

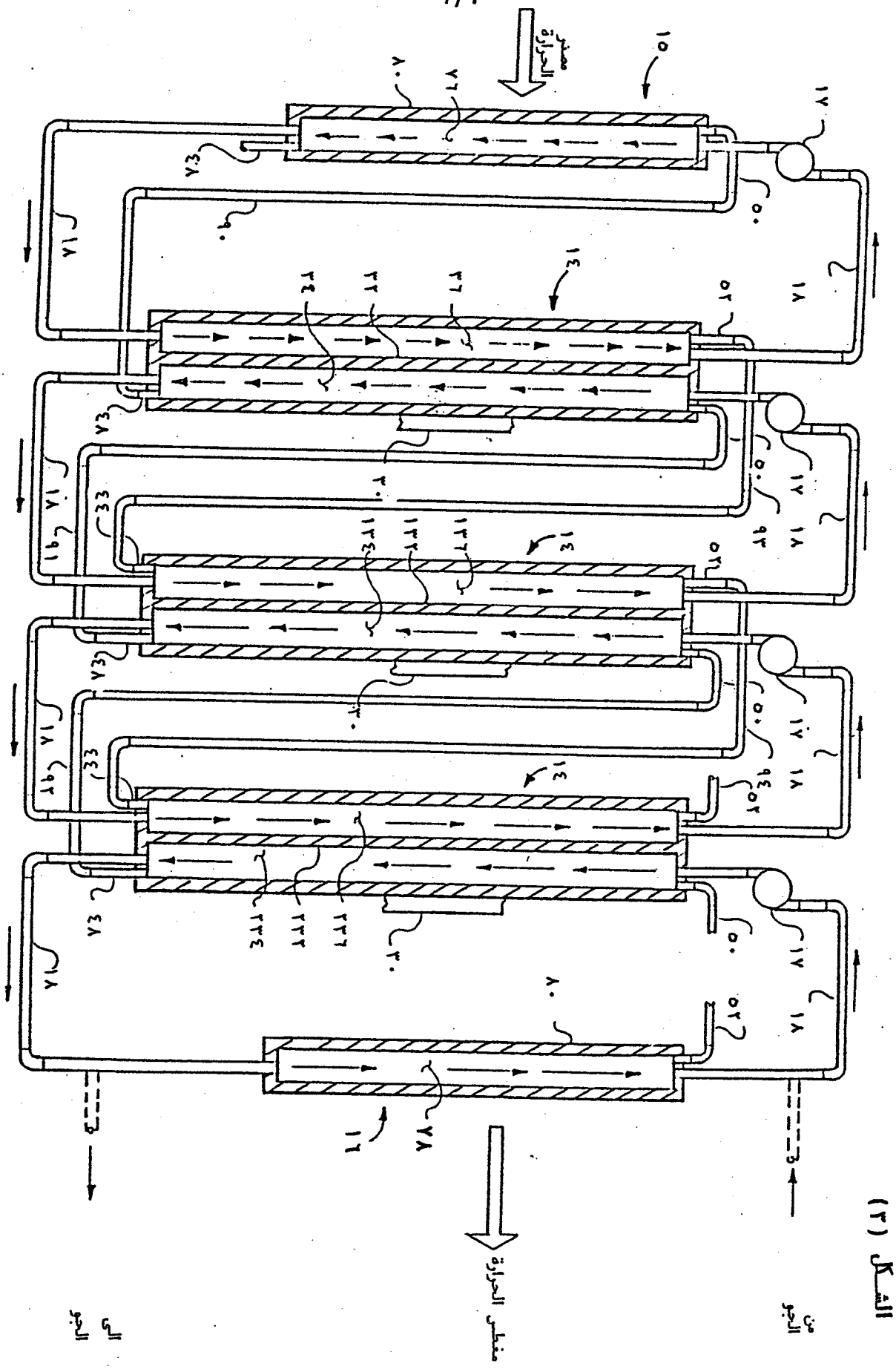
٩ ــ جهاز لانتقال الحرارة والكتلة طبقا لعنصر الحماية رقم ٦ ويتضمن ايضا وسيلة تبريد لتبريد الغاز المذكورة الخاص بالغرفة الثانية المذكورة من زوج الغرف الاخير المذكور حيث يُرجَّع الغاز المذكور الى الغرفة الثانية المذكورة.



الشكل (١)



الشكل (٢)


مصدر الحرارة
١٥
٧٠
٧٤
٧٣
٧١
٧٢
١٧
٥٠
١٨
٥٢
٣١
٣٤
٣٢
٣٦
٣٣
٣٠
١٣٤
١٣٢
١٣٦
٩٣
٩٤
١٣٣
١٣١
١٣٥
١٦
٧٨
مغطس الحرارة
الى الجو
من الجو

الشكل (٢)