

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 59294 A1**
- (51) Cl. internationale : **B01D 53/26; F24F 3/14; B01D 53/26**
- (43) Date de publication : **31.03.2023**
-
- (21) N° Dépôt : **59294**
- (22) Date de Dépôt : **29.10.2020**
- (30) Données de Priorité : **14.08.2020 US 16/993,699**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/US2020/058005 29.10.2020**
- (71) Demandeur(s) : **BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE, 902 Battelle Boulevard Rich land, WA 99354 (US)**
- (72) Inventeur(s) : **MCGRAIL, Bernard, P. ; JENKS, Jeromy, W., J. ; MOTKURI, Radha, K.**
- (74) Mandataire : **SABA & CO., TMP**
-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE DÉSHUMIDIFICATION ET D'EXTRACTION D'EAU ATMOSPHÉRIQUE AVEC UNE CONSOMMATION D'ÉNERGIE MINIMALE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne des procédés, des systèmes et des dispositifs permettant de gérer l'humidité à l'intérieur d'un système HVAC comprenant un matériau poreux déshydratant nanostructuré configuré pour adsorber l'eau provenant d'un flux d'entrée à une première pression d'air et pour libérer de l'eau à partir de ce matériau lorsqu'il est soumis à une seconde pression d'air lorsque la seconde pression d'air est inférieure à la première pression d'air, ledit matériau étant situé à l'intérieur d'un emplacement particulier de façon à permettre le passage d'air humide sur les matériaux et permettre l'adsorption de l'eau sur le matériau. Lorsqu'il est couplé à une pompe à vide, de l'eau peut être collectée et libérée à partir des matériaux et du système, régénérant le matériau pour une utilisation future et éliminant l'eau d'un flux à un coût significativement inférieur à celui des procédés existants.

المخلص

يتم الكشف عن طرق وأنظمة وأجهزة لإدارة الرطوبة داخل نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC يشتمل على مادة مسامية مجففة ذات بنية نانوية تم تكوينها لامتناز الماء من تيار مدخل عند ضغط هواء أول وإطلاق الماء من تلك المادة عند تعرضها لضغط هواء ثانٍ عندما يكون ضغط الهواء الثاني أقل من ضغط الهواء الأول، موجودة داخل مكان معين وذلك للسماح بمرور الهواء الرطب فوق المواد والسماح بامتزاز الماء على المادة. عند اقترانها بمضخة تفريغ، 5 يمكن جمع الماء وإطلاقه من المواد والنظام، وتجديد المواد للاستخدام المستقبلي، وإزالة الماء من تيار بتكلفة أقل بكثير من العمليات الحالية.

الوصف الكامل

البحث والتطوير برعاية اتحادية

تم إجراء هذا الكشف بدعم من الحكومة بموجب العقد DE-AC0576RL01830 الممنوح من قبل وزارة الطاقة الأمريكية. تملك الحكومة بعض الحقوق في الاختراع.

5

ادعاء الأسبقية

يدّعي هذا الطلب الاستفادة من تاريخ الإيداع السابق لطلب براءة الاختراع الأمريكية رقم 16/993,699، المودع بتاريخ 14 آب/أغسطس 2020، والذي يتم تضمينه في هذه الوثيقة كمرجع بالكامل.

خلفية الكشف

يحدث التحكم في الرطوبة في هواء المبنى اليوم في الغالب بشكل سلبي من خلال التكييف على ملفات (أنابيب) المبخر في نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC. ينتج عن تكثيف الماء كميات كبيرة من الحرارة الكامنة، مما يزيد من حمل التبريد على نظام HVAC وبالتالي يزيد من استخدام الطاقة الإجمالي بنسبة 30% أو أكثر بحسب البيئة المحلية. تعد أجهزة إزالة الرطوبة المتوفرة تجارياً في الوقت الحالي كبيرة جداً ومكلفة للاستخدام في السوق السكنية ونادراً ما تُستخدم في المباني التجارية باستثناء الأماكن التي تتطلب تحديات إدارة الرطوبة.

15

المشكلة أو القصور في الفن السابق

لا يوفر أي من هذه الأنظمة خيارات لإدارة غاز ثاني أكسيد الكربون CO2 أو الغازات الأخرى مثل المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، والتي أصبحت مشكلة بشكل متزايد حيث أصبحت أغلفة المباني أكثر إحكاماً. يوفر الكشف الحالي أمثلة وأنظمة توفر مسارات للمضي قدماً في التغلب على هذه المشكلات وتوفر مزايا غير موجودة في المجال السابق.

20

سيتم توضيح المزايا الإضافية والسمات الجديدة للكشف الحالي على النحو التالي وستكون واضحة بسهولة من الأوصاف والتوضيحات الواردة هنا. وفقاً لذلك، ينبغي النظر إلى الأوصاف التالية للكشف الحالي على أنها توضيحية للكشف وليست مقيدة بأي شكل من الأشكال.

الوصف العام للكشف

يقدم الوصف التالي أمثلة على الطرق والأنظمة والأجهزة لإدارة الرطوبة داخل نظام HVAC، وعلى وجه الخصوص في القيام بذلك بطريقة أفضل بكثير وأكثر فعالية من حيث التكلفة مما هو متاح حالياً. في أحد التطبيقات، يتم وصف نظام إدارة الرطوبة لنظام HVAC حيث يشتمل النظام على مادة مسامية مجففة ذات بنية نانوية تم تكوينها لامتماز الماء من تيار مدخل عند ضغط هواء أول ولإطلاق الماء من تلك المادة عند تعرضها لضغط هواء ثانٍ عندما يكون ضغط الهواء الثاني أقل من ضغط الهواء الأول. من المفضل وضع المادة نانوية المسام داخل مادة

30

- بنوية مثل طبقة مجففة، على الرغم من أن التكوينات الأخرى بما في ذلك الترتيبات ثلاثية الأبعاد بما في ذلك التكوين في القضبان أو الطلاءات على الزعانف أو البنى الأخرى يتم تصورها أيضاً في تطبيقات معينة. يمكن أن تتربط أعداد متعددة من هذه البنى مع أو بدون صلة بميزات أخرى مثل الأنابيب الحرارية لموانع التسرب. يفضل توصيل مضخة تفرغ بالنظام ويتم تكييفها لتوفير شغط للمواد المسامية ذات البنية النانوية بدرجة كافية لخفض ضغط الهواء وإزالة الماء من المادة المسامية ذات البنية النانوية وبالتالي تجديد مادة الامتزاز.
- 5 في بعض التجسيديات، قد تكون المادة المسامية ذات البنية النانوية عبارة عن إطار عضوي معدني MOF، زيوليت، سيليكات متوسطة المسام، مواد إطار عضوية تساهمية؛ بوليمرات عضوية مسامية، وكربون مسامي. في مجموعة واحدة من التجسيديات، كانت المادة عبارة عن MOF وبشكل أكثر تحديداً MOF 303 أو MOF 801 أو MOF 841 مع MOF 303، 801 تظهر أفضل أداء في بعض الظروف.
- 10 في بعض الحالات، يتم استخدام الحرارة لتحسين أداء المواد في الجهاز. يمكن نقل الحرارة إلى هذه المواد من خلال الأنابيب الحرارية المتصلة عملياً أو غيرها من الوسائل التي تنقل المواد المسخنة من الجزء الأكثر دفئاً من النظام إلى الطبقات أو البنى التي ترتبط بها المواد المجففة أو تنتمي إليها. في أحد الترتيبات، يتم توصيل الأنابيب الحرارية بشكل عملي بمجموعة من الزعانف التي تحتوي على المواد المجففة الملحقة بها. عندئذٍ فإن الماء في الهواء المار فوق الزعانف يتلامس مع المواد ويتم امتزازه. يسمح توفير أزواج أو مجموعات من طبقات تحتوي على مواد مجففة أو بنى أخرى داخل مسار ممر للهواء بالاتصال بين الهواء المحتوي على الماء والمادة المجففة حيث يجف الهواء باستمرار أثناء التحرك عبر البنى. يمكن أن يسمح هذا بالتجفيف المتسلسل وزيادة الكفاءة. بالإضافة إلى ذلك، إذا تم وضعها بشكل مناسب، يمكن فتح وإغلاق الممرات المؤدية إلى هذه البنى للسماح ببعض الممرات للسماح لمجموعة واحدة أن تكون في عملية لإزالة الرطوبة أثناء تطبيق التفرغ على قسم آخر وإزالة الماء من النظام وتجديد المادة المازة.
- 15 يتم وصف طريقة الاستخدام لتجفيف الماء من الهواء المحيط. في هذه الطريقة، يتم تمرير تيار هواء يحتوي على الماء فوق مادة مسامية ذات بنية نانوية تم تكوينها لامتزاز الماء من تيار مدخل عند ضغط هواء أول وإطلاق الماء من تلك المادة عند تعرضها لضغط هواء ثانٍ حيث يكون ضغط الهواء الثاني أقل من ضغط الهواء الأول. يجمع هذا الماء على المادة المسامية ذات البنية النانوية ويقلل من ضغط الهواء المحيط لإطلاق الماء من المادة المسامية ذات البنية النانوية وتجديد المادة المسامية ذات البنية النانوية لالتقاط مزيد من الماء. يمكن تقليل الضغط المحيط بواسطة مضخة تفرغ. يمكن تغليف المواد المسامية ذات البنية النانوية في طبقتين منفصلتين عملياً اثنتين على الأقل حيث يتم وضع إحدى الطبقتين لالتقاط الماء من تيار هواء
- 20
- 25
- 30

- ويتم وضع الأخرى لإطلاق الماء الملتقط. في حال الرغبة في ذلك، يمكن توفير مادة نقل حرارة في اتصال مائع عملي بين الطبقة الأولى والطبقة الثانية بحيث يتم تمرير الحرارة المنبعثة من إحدى العمليات للمساعدة في العملية الأخرى. في بعض الحالات، قد يتم احتواء مادة نقل الحرارة هذه داخل مجرى أو أنبوب حراري. تكون نتيجة هذا الترتيب هي السماح بتسخين وتبريد أكثر فعالية من حيث التكلفة عن طريق تقليل متطلبات الطاقة على نظام HVAC.
- 5 إن الغرض من الملخص السابق هو تمكين مكتب الولايات المتحدة للبراءات والعلامات التجارية والجمهور بشكل عام، وخاصة العلماء والمهندسين والممارسين في المجال الذين ليسوا على دراية ببراءات الاختراع أو المصطلحات القانونية أو العبارات، من التحديد بسرعة من فحص سريع طبيعة وجوهر الكشف الفني للطلب. لا يُقصد من الملخص تعريف كشف الطلب، والذي يتم قياسه من خلال عناصر الحماية، ولا يُقصد به الحد من نطاق الكشف بأي شكل من الأشكال.
- 10 تم وصف المزايا المختلفة والسمات الجديدة للكشف الحالي هنا وستصبح أكثر وضوحاً بسهولة لأولئك أصحاب المهارة في هذا المجال من الوصف التفصيلي التالي. في الأوصاف السابقة والتالية، قمت فقط بعرض ووصف التجسيد المفضل للكشف، عن طريق توضيح أفضل طريقة متصورة لتنفيذ الكشف. كما سيتبين، فإنه بالإمكان تعديل الكشف في نواحٍ مختلفة دون الخروج عن الكشف. وفقاً لذلك، يجب اعتبار الرسومات ووصف التجسيد المفضل الوارد فيما بعد على أنها توضيحية بطبيعتها وليست مقيدة.
- 15 الوصف المختصر للرسومات
- الشكل 1 يبين مخططاً تفصيلياً لمثال واحد عن تجسيد للاختراع تم وصفه في الوصف الحالي.
- الشكل 2 يبين مقارنة بين كميات القدرة المستخدمة لتجديد نظام الطبقة المجففة وفقاً للطلب الحالي مقارنة بالحمل على ضاغط HVAC الذي تم التخلص منه كدالة لمستوى الرطوبة في هواء المبنى العائد.
- 20 الشكل 3 يبين أمثلة للعديد من المواد المازة للماء النموذجية المرشحة بناءً على قدرات العمل لنطاقات مختلفة من الرطوبة النسبية (9RH).
- الشكل 4 يبين أداء اشتراب الماء لثلاثة أطر معدنية عضوية MOFs نموذجية (303 و 841 و 801) عند 25 درجة مئوية.
- 25 الشكل 5 يبين استهلاك الطاقة الحجمي لنظام طاقة الرياح المحمولة جواً (AWE) متساوي الحرارة لاثنتين من كفاءات المروحة.
- الشكل 6 يبين امتصاص الماء الحجمي لبعض المواد النانوية المختارة.
- الشكل 7 يبين نتائج لتحسين القدرة على اشتراب الماء عبر إضافة المجموعة الوظيفية SO₃H في UIO-66.
- 30

الشكل 8 يبين تجسيدياً آخر للاختراع الحالي حيث يتم طلاء المجفف على زعانف مصنوعة من الغرافين أو دعامة أخرى خفيفة الوزن ولكنها موصلة حرارياً.

الشكل 9 يبين مثلاً لمثال تخطيطي ثانٍ للاختراع الحالي.

الوصف التفصيلي لتجسيديات نموذجية

- 5 يتضمن الوصف التالي مثلاً واحداً للكشف الحالي. سيتضح من هذا الوصف أن الكشف لا يقتصر على هذه التجسيديات الموضحة ولكن يتضمن الكشف أيضاً مجموعة متنوعة من التعديلات والتجسيديات عليها. لذلك، ينبغي النظر إلى الوصف الحالي على أنه توضيحي وليس مقيداً. في حين أن الكشف يكون عرضة للعديد من التعديلات والإنشاءات البديلة، ينبغي أن يكون مفهوماً أنه لا توجد نية لقصر الكشف على الشكل المحدد الذي تم الكشف عنه، ولكن على العكس من ذلك، فإن الكشف يجب أن يشمل جميع التعديلات والإنشاءات البديلة 10 والمكافئات التي تقع ضمن روح ونطاق الكشف.

- في مجموعة واحدة من الأوصاف، تم وصف نظام تجفيف جديد لإدارة الرطوبة من خلال نظام HVAC لمبنى حيث يتم دمج المواد المسامية ذات البنية النانوية الجديدة ذات الاستيعاب الفائق للماء في الطبقات المجففة وتقترب حرارياً بأنابيب حرارية. ثم يتم تمرير هواء المبنى فوق هذه الطبقات لإزالة الماء، ولكن بدلاً من استخدام الحرارة لتجديد المادة المجففة بالطريقة التي تعمل 15 بها أجهزة إزالة الرطوبة التجارية، تدعم مواد الاشتراب هذه المتقدمة الإزالة السهلة للماء الممتاز في درجة حرارة الغرفة بمضخة تفرغ بسيطة. وبالتالي يزيل النظام حمل تبريد الحرارة الكامنة الإضافي من التكثيف على ملفات مبخّر نظام HVAC. تم الحصول على وفورات في الطاقة أكثر من التعويض عن الطاقة المطلوبة لتشغيل مضخة التفرغ، ومع تأثير المعدات ونصف تكلفة رأس المال لأنظمة إزالة الرطوبة التجارية بالمجففات اليوم. يمكن أن يدعم تصميم النظام 20 أيضاً إدراج مواد اشتراب إضافية في الطبقة المجففة التي تسمح بالتحكم في مستويات CO₂ أو إزالة المركبات العضوية المتطايرة VOCs من هواء المبنى.

- إن مبدأ التشغيل بسيط للغاية، حيث يتم تمرير هواء المبنى الدافئ فوق طبقة مجففة تزيل الرطوبة. ثم يتم تمرير الهواء المعالج من خلال معالج للهواء إلى المبخّر وتبريده كما هو الحال في أنظمة HVAC القياسية. ومع ذلك، فقد تم تقليل محتوى الرطوبة في الهواء الداخل بدرجة كافية بحيث تكون نقطة الندى أقل من درجة حرارة ملفات المبخّر وبالتالي منع التكثيف. بمجرد أن يصل المجفف إلى قدرته على امتصاص الماء، يتم تحويل تدفق هواء المبنى إلى طبقة 25 مجففة ثانية أكملت دورة تجديدها. يتيح استخدام مواد مجففة جديدة ذات استيعاب فائق للماء (الأطر العضوية المعدنية MOFs وغيرها من المجففات) في نظامنا وحدة مدمجة بدرجة كافية بحيث يمكن وضعها في حدود مجرى وحدة معالج للهواء قياسي مستخدم في معظم منشآت HVAC التجارية والسكنية. يعني هذا التصميم المتكامل عن الحاجة إلى إجراء تعديلات واسعة 30

النطاق على تخطيط معالج هواء المبنى ومساحة لنظام لإزالة رطوبة كبير مخصص مما يجعله مثالياً للمنشآت الجديدة والتعديلات التحديثية.

- يوفر نهجنا الأبسط بكثير عمليات شطف على الطبقة المجففة أثناء دورة تجديدها باستخدام مضخة تفرغ جاهزة تجارية (COTS). يتم التحكم في درجة حرارة الطبقة المجففة من خلال استخدام الأنابيب الحرارية لتوفير اقتران حراري بين الطبقات المجففة. يوفر هذا آلية نقل حرارة 5 سلبية ولكنها عالية الكفاءة "إلغاء" حرارة امتزاز بخار الماء المتولد في الطبقة المجففة النشطة أثناء إزالة الرطوبة بدرجة حرارة الإشتراب الماصة للحرارة المستهلكة في الطبقة المجففة التي تخضع للتجديد. ومن ثم، يتم تجديد الطبقات المجففة بشكل متساوي الحرارة عند درجة حرارة هواء المبنى ولا تزيد من الحمل الحراري المعقول على المبخر من تجديد المجفف. يتم فقط إخراج بخار الماء الذي تم تصريفه من مضخة التفرغ إلى البيئة المحيطة.
- 10 يتيح استخدام مواد مجففة جديدة ذات استيعاب فائق للماء (MOFs وغيرها من المجففات) في نظامنا وحدة مدمجة بدرجة كافية بحيث يمكن وضعها في حدود مجرى معالج للهواء قياسي مستخدم في منشآت HVAC التجارية والسكنية. يغني هذا التصميم المتكامل عن الحاجة إلى إجراء تعديلات واسعة النطاق على تخطيط معالج هواء المبنى ومساحة لنظام لإزالة الرطوبة مخصص كبير مما يجعله مثالياً لكلٍ من المنشآت الجديدة والتعديلات التحديثية.
- 15 تبين الأشكال 1-9 سمات وتجسيديات مختلفة لعينة. في أحد الأمثلة المبينة في المرفق، يتم عرض تكوين حيث يتيح استخدام مواد مجففة جديدة ذات استيعاب فائق للماء وحدة مدمجة بدرجة كافية بحيث يمكن وضعها في حدود مجرى معالج للهواء قياسي مستخدم في معظم منشآت HVAC التجارية والسكنية. يغني هذا التصميم المتكامل عن الحاجة إلى إجراء تعديلات واسعة النطاق على تخطيط معالج هواء المبنى ومساحة لنظام لإزالة الرطوبة مخصص كبير مما يجعله مثالياً لكلٍ من المنشآت الجديدة والتعديلات التحديثية.
- 20 بالإشارة الآن إلى الأشكال، يبين، الشكل 1، مخططاً لأحد تجسيديات الاختراع حيث تحتوي طبقة مجففة 20 على مادة مرغوبة 22، ويفضل مواد إطار عضوي معدني مثل MOF، (وبشكلٍ أكثر تفضيلاً MOF 303 أو 842 أو 841، على الرغم من أنه يمكن أيضاً استخدام مجموعة متنوعة من المواد الأخرى بحسب احتياجات المستخدم وضروراته) يتم وضعه بشكل عملي للسماح للهواء الرطب، الدافئ عادةً من مصدر ما مثل عودة الهواء الدافئ في وحدة HVAC تقليدية بالمرور فوق الطبقة المجففة 20، حيث تمتص المواد 22 الموجودة في الطبقة المجففة الماء من الهواء الرطب فوق المواد والسماح بمرور هواء أكثر جفافاً عبر الطبقة المجففة 20. يمكن بعد ذلك تمرير الهواء المجفف حديثاً للتبريد عبر الأجزاء القياسية لنظام HVAC نموذجي والذي يمكن أن يشتمل على مبخر متصل عملياً لاستقبال مبرد من صمام تمدد حيث يتدفق المبرد عبر المبخر 30 إلى ضاغط يضخ المبرد عبر ملف مكثف مبرّد بمروحة والعودة إلى صمام التمدد الذي يتحكم

في مرور المبرد مرة أخرى إلى المبخر. يمكن بعد ذلك تمرير الهواء الجاف والمبرد الآن إلى المكان المطلوب. يتم أيضاً توصيل الطبقة المجففة 20 عملياً بمضخة تفريغ 24 توفر الشفط للمواد 22 في الطبقة المجففة 20 لإزالة الماء من الطبقة المجففة وإخراج هذا الماء إلى مكان آخر.

5 إن مبدأ التشغيل بسيط للغاية. يتم تمرير هواء المبنى الرطب الدافئ فوق طبقة مجففة تزيل الرطوبة. يتم بعد ذلك تمرير الهواء المجفف عبر معالج هواء إلى المبخر وتبريده كما هو الحال في أنظمة HVAC القياسية. يحدث تجديد المجفف عندما يسحب الشفط الماء من مواد الطبقة المجففة ويخرجها إلى مكان منفصل. في نظام تشغيل مستمر يمكن استخدام صينية من المجفف حيث أنه بمجرد وصول المجفف من طبقة أولى إلى قدرته على امتصاص الماء، يتم تحويل تدفق هواء المبنى لملاسة طبقة مجففة ثانية أكملت دورة تجديدها، ويمكن إجراء هذه العملية بالتناوب أو بالتسلسل عبر عدد من الطبقات مع تجديد كل طبقة عن طريق الشفط الفراغي بينما تلتقط أخرى الماء من مصدر هواء رطب ودافئ عادةً.

يمكن استخدام مجموعة متنوعة من أنواع المواد كمادة مجففة 22. إن العمل السابق على تطوير مواد اشتراط مختلفة لأنظمة التبريد المتقدمة قد أنشأ قاعدة بيانات فريدة عن خصائص امتزاز الماء للمواد نانوية المسام المتنوعة بما في ذلك الأطر المعدنية العضوية (MOFs)، والأطر العضوية التساهمية (COFs)، والبولىميرات العضوية المسامية (POPs)، والزيوليت، والسيليكا متوسطة المسام، والكربون المسامي. أظهر عملنا الأخير خصائص ديناميكية حرارية ملحوظة لبعض المواد نانوية المسام الأليفة للماء ذات قدرات كبيرة لاشتراط الماء بالإضافة إلى الثبات الحراري المائي، مما أدى إلى تحسن كافٍ وتحولي في الحجم والوزن وتكلفة أجهزة التبريد التي تعمل بالامتزاز التجارية (McGrail et al., 2014).

20 في هذا الاتجاه، قمنا بإعادة النظر في البيانات التي تم جمعها حول هذه المواد الأليفة للماء وطورنا المواد مع التركيز بشكل رئيس على حركية الامتزاز والضبط الدقيق لخصائص امتزاز الماء الخاصة بها. تعد قابلية ضبط المواد مفيدة في هذا التطبيق لأن حركية إزالة الاشتراط يجب أن تكون سهلة في ظل فراغ بسيط بدون تسخين. لهذا السبب، اتبعنا نهجين رئيسيين لضبط المواد المجففة من خلال (i) تزيين وصلات عضوية بمجموعات وظيفية أليفة للماء/كارهة للماء ذات شكل/حجم مناسبين و(ii) تعديل/ضبط الألفة للماء لتُعد عنقود محتوية على معادن محفوظة مسبقاً ذات مجموعات وظيفية مختلفة. كانت النتيجة مواد مازة تُظهر طابعاً خفيفاً كارهاً للماء عند رطوبة نسبية RH منخفضة مع ارتفاع حاد على شكل سيني في امتزاز الماء عند $RH < 20\%$ (منحنى تساوي الحرارة من النوع V).

30 ثمة مثال على نوع مستوى تساوي الحرارة المرغوب والقدرة على ضبط خصائص المواد المازة عبر مفاهيم ضبط المسام أو هندسة المسام مع إضافة المجموعة الوظيفية SO_3H على عقدة

- MOF UIO-66 التي تبين سلوك اشتراب الماء كما هو موضح في الشكل 7. إن تنوع تركيز مجموعات SO_3H على العقدة يؤثر بشكل واضح على خصائص امتزاز الماء الخاصة بها. وبالمثل، فإن تزيين العنقود بمجموعات وظيفية طرفية ذات ألفة للماء مختلفة ($HCCO^-$ ، CH_3COO^- ، H_2O/OH ، و $PhCOO^-$) أدى إلى التحكم الدقيق في خطوة امتصاص الماء على نطاق من RH ويعزى إلى الاختلافات في طبيعة المسام الكارهة للماء/الأليفة للماء المرتبطة 5 بالاختلافات في شكل وحجم المسام/العنقود/الوظيفة.
- بينما تم اعتبار هذه الأمثلة قابلة للتطبيق لمثال واحد، فإنه في ترتيبات أخرى تم اختيار المواد التي لها أكتاف منحنيات تساوي الحرارة من النوع V في نطاق 20-65% RH وبقدرة عمل أعلى من 50% بالوزن. على وجه الخصوص، تم تحديداً اختيار اثنين من MOFs القائمة على الزركونيوم، وهما MOF-841 و MOF-801 و MOF-303 قائم على الألمنيوم بسبب ثباتها الكيميائي العالي وقدراتها المطلوبة لاشتراك الماء وقابلية التجدد المبينة في اختبارات الدوران لضمان عدم وجود تدهور في خصائص الامتزاز. علاوة على ذلك، نتوقع أنه يمكن تخليقها بكميات تجارية باستخدام تقنية مفاعل التكتيف-الانقسام الذري من (MOTKURI) PNNL، 2016) أو طريقة تخليق أخرى.
- أظهر MOF-801 و MOF-303 الأداء الأفضل في ظل شروط التشغيل الحالية. نظراً لأنه من المتوقع أن تكون كمية المواد المازة المطلوبة في نطاق مقياس الكيلوغرام، فقد نجحنا في التخليق بالجملة لـ MOF-801، الذي تم تحضيره/اختباره بمقياس 100 غرام تقريباً. لتحضير MOFs هذه، تمت إذابة 50 ملي مول من كل حمض الفورميك و $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ في مرطبان بغطاء لولبي سعة 500 مل، في مذيب مختلط من DMF وحمض الفورميك (200 مل و 70 مل) ومن ثم تم تسخينها عند 130 درجة مئوية طوال الليل لإعطاء راسب أبيض. MOF-801. وبالمثل، 20 تم تخليق MOF-303 باستخدام 43.1 ملي مول من 3، 5-بيرازول حمض ثنائي الكربوكسيل أحادي هيدرات مذاب في H_2O منزوع الأيونات (750 مل تقريباً) والذي أضيف إليه أساس (محلول NaOH أو LiOH، 65 ملي مول تقريباً) بالتنقيط تحت التقليب القوي. تم تسخين الخليط الناتج لمدة 60-90 دقيقة تقريباً في فرن مسخن مسبقاً عند 120 درجة مئوية. بعد التبريد إلى درجة حرارة الغرفة RT، تمت إضافة 43.1 ملي مول من $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ببطء إلى المحلول مع التقليب القوي المستمر. تمت إذابة أي راسب تشكل في المحلول تحت صوتنة ممتدة. تم نقل المحلول الصافي إلى أوتوكلاف وتم تسخينه في فرن عند 100 درجة مئوية لمدة 15-24 ساعة للحصول على مسحوق MOF. تم تنشيط مواد مسحوق MOF التي تم الحصول عليها عن طريق المذيب وكذلك التنشيط الحراري قبل تعريضها لامتزاز الماء. تم تمييز المواد المنشطة بحيود المسحوق بالأشعة السينية (PXRD) من أجل درجة التبلور، والتحليل الحراري الوزني لفهم 30 ثبات المواد ومنحنيات تساوي الحرارة لامتزاز N_2 لقياسات المسامية. تم اختبار قياسات امتزاز

الماء للعينات المتميزة بشكل جيد في درجة حرارة الغرفة ثم تمت توسعتها إلى درجات حرارة متعددة مطلوبة لهذه الدراسة.

بمجرد تمييز المادة، قامت المادة بتوسيع نطاق تقنية مفاعل التكتيف-الانقسام الذري مفاعل التكتيف-الانقسام الذري من PNNL (MOTKURI، 2016) للإنتاج الضخم. توفر هذه التقنية طريقاً منخفض التكلفة وقابلاً للتطوير لإنتاج مواد اشتراب (مثل MOFs) بكميات كبيرة. بينما تم عرض هذه المواد المعينة في تطبيق واحد، تم أيضاً تحديد مجموعة متنوعة من المواد الأخرى لاستخدامها في مثل هذا النظام. تتضمن قائمة غير حصرية وغير مقيدة، على سبيل المثال لا الحصر، الزيوليتات مثل SAPO-34، 13X، AIPO₄-CHA، AIPO₄-LTA، AIPO₄-34؛ السيليكا متوسطة المسام، مثل MCM-41، SBA-15؛ MOFs تشتمل على MOFs قائمة على Al و Zr MOFs عائلة MIL، Co₂Cl₂(BTDD)؛ الأطر العضوية التساهمية؛ البوليمرات العضوية المسامية؛ الكربون المسامي.

يبين الشكل 6 حركية امتصاص الماء للعديد من MOFs. تُظهر هذه النتائج مرونة التصميم في إمكانية تقليل أحجام الجسيمات من هذه القيم الاسمية لزيادة تدفق الماء إذا ثبت أن تحقيق النقل المنتشر المستمر عبر هذه المسافات يمثل تحدياً. بشكل عام، يُظهر تحليل أنظمتنا أن امتصاص الماء في مادة الاشتراب يجب أن يصل إلى 11% بالوزن في نصف دورة 90 ثانية المستهدفة. هناك دليل قوي على أن معدل الامتصاص هذا يمكن تحقيقه على النحو المبين في الشكل 6. سيحتاج فريق تطوير مواد الاشتراب إلى تقليل اختيار المجففات التي يمكنها تحقيق معدل الامتصاص هذا من خلال توليفة من الخصائص الفيزيائية بما في ذلك مساحة السطح المحددة، وحجم الجسيمات، وانتشار الماء داخل البلورات.

أكد فريق تصميم النظام أن نقل بخار الماء إلى سطح المجفف كافٍ لدعم معدل امتصاص الماء بواسطة المجفف مع تقليل الضغط الخلفي على مروحة التهوية إلى أدنى حد لتوفير الطاقة. من المتوقع أن يكون تحقيق هذا التوازن أكثر صعوبة على جزء الامتزاز من الدورة. نظراً لأن الفراغ يتم تطبيقه بشكل موحد تقريباً عبر الطبقات المجففة أثناء إزالة الاشتراب، فإنه ينبغي أن يكون معدل إزالة الماء موحداً نسبياً. نظراً لأنه يمكن التحكم في معدل إزالة الاشتراب جيداً عن طريق تغيير ضغط الشفط، فإن الحفاظ على توازن تقريبي بين معدل امتزاز الماء في إحدى الغرف وإزالة الاشتراب في الغرفة الأخرى يجب أن يكون قابلاً للتحقيق بسهولة باستخدام مستشعرات مناسبة تراقب درجة الحرارة والرطوبة النسبية RH للتصريف، والتغذية الراجعة من خلال نظام تحكم.

ضبط المواد المجففة عن طريق (i) تزيين الوصلات العضوية بمجموعات وظيفية أليفة للماء/كارهة للماء ذات شكل/حجم مناسبين و(ii) تعديل/ضبط الألفة للماء لعقد عنقود المحتوية على معادن محفوظة مسبقاً مع مجموعات وظيفية مختلفة تمكّن من الإزالة السريعة المرغوبة في

- ظل شروط محددة. تُظهر المواد المازة طابعاً خفيفاً كارهاً للماء عند RH منخفضة مع ارتفاع حاد على شكل سيني في امتزاز الماء عند $RH < 20\%$ (منحني تساوي الحرارة من النوع V). ثمة مثال على نوع منحني تساوي الحرارة المرغوب والقدرة على ضبط خصائص المواد المازة عبر هندسة المسام وضبط المادة المازة مع إضافة المجموعة الوظيفية SO_3H . (الشكل 7). إن تنوع تركيز مجموعات SO_3H على العقدة يؤثر بشكل واضح على خصائص امتزاز الماء الخاصة بها. وبالمثل، فإن تزيين العنقود بمجموعات وظيفية طرفية ذات ألفة للماء مختلفة ($HCCO^-$ ، CH_3COO^- ، H_2O/OH ، و $PhCOO^-$) أدى إلى التحكم الدقيق في خطوة امتصاص الماء على نطاق من RH ويعزى إلى الاختلافات في طبيعة المسام الكارهة للماء/الأليفة للماء المرتبطة بالاختلافات في شكل وحجم المسام/العنقود/الوظيفة. تشتمل مواد الاشتراب التي تظهر خصائص واعدة على تلك التي تحتوي على اثنين أو ثلاثة من المواد المرشحة مع أكتاف منحنيات تساوي الحرارة من النوع V في نطاق $20-65\%$ RH وبقدرة عمل أعلى من 50% بالوزن. يفضل استخدام المواد المجففة ذات الثبات الكيميائي العالي للحفاظ على أداء النظام على المدى الطويل.
- إن مميزات الرطوبة التقليدية القائمة على المجفف (العجلات المجففة، الطبقات المجففة) تقوم بتجديد المجفف بالتسخين. هذا يحد بشدة من تطبيقها بسبب أنه: (1) من المطلوب أن تكون درجة حرارة مصدر الحرارة عادة < 80 درجة مئوية، (2) تزيد حرارة الامتزاز المنبعثة أثناء إزالة الرطوبة من درجة حرارة المجفف، وبالتالي تقليل قدرته على إزالة الرطوبة، و(3) يزيد المجفف الساخن درجة حرارة هواء التصريف، مما يزيد من حمل التبريد على المبخر ويقلل من وفورات الطاقة.
- يتيح هذا الأسلوب الأبسط بكثير تجديد الطبقة المجففة بمضخة تفريغ جاهزة تجارية (COTS). يمكن التحكم في درجة حرارة الطبقة المجففة من خلال استخدام الأنابيب الحرارية لتوفير اقتران حراري بين الطبقات المجففة. يوفر هذا آلية نقل حرارة سلبية ولكنها عالية الكفاءة "لإلغاء" حرارة امتزاز بخار الماء المتولد في الطبقة المجففة النشطة أثناء إزالة الرطوبة بحرارة الامتزاز الماصة للحرارة المستهلكة في الطبقة المجففة التي تخضع للتجديد. ومن ثم، يتم تجديد الطبقات المجففة بشكل متساوي الحرارة عند درجة حرارة هواء المبنى ولا تزيد من الحمل الحراري المعقول على المبخر من تجديد المجفف. يتم فقط إخراج بخار الماء الذي تم تصريفه من مضخة التفريغ إلى البيئة المحيطة.
- في أحد التجسيديتات المفضلة، تقترن الطبقات المجففة حرارياً بـ "أنابيب حرارية". يوفر هذا آلية نقل حرارة سلبية ولكنها عالية الكفاءة "لإلغاء" حرارة امتزاز بخار الماء المتولد في الطبقة المجففة النشطة مع حرارة الامتزاز الماصة للحرارة المستهلكة في الطبقة المجففة التي تخضع للتجديد.
- تسمح دورة استخلاص الماء المتساوي الحرارة (IWEC) لتيار الهواء الجاف بتبريد وحدة المكثف

- مع حد أدنى من التغيير في درجة الحرارة فوق درجة الحرارة المحيطة. توفر مضخة تفرغ شفطاً على الطبقة المجففة أثناء دورة التجديد الخاصة بها وتستخدم لتوفير انضغاط معتدل لرفع ضغط البخار بشكل كافٍ للتكثيف إلى ماء سائل. نظراً لأن عمل الانضغاط يتم فقط على بخار الماء، فإن هذا يقلل من استهلاك الطاقة إلى أدنى حد. أخيراً، يتم ضخ ناتج التكثيف حتى الضغط الجوي لتصرفه إلى وعاء تخزين (وهذا يستهلك كمية ضئيلة من الطاقة الإضافية).
- 5 يلغي مفهوم نظام AWE المبتكر هذا عمليات نقل الحرارة في تصاميم تأرجح درجات الحرارة التقليدية التي تؤدي إلى خسائر فادحة كبيرة. علاوة على ذلك، من الممكن إجراء تقييم دقيق تماماً لاستهلاك الطاقة الإجمالي لهذا النظام من القدرة المطلوبة من أجل: (1) مروحة لتحريك الهواء عبر الطبقة المجففة والمكثف، (2) مضخة التفرغ، و(3) مضخة الماء السائل. يتم توفير تدفق الهواء (قدم مكعب في الدقيقة CFM) اللازم لجلب ما يكفي من الهواء إلى النظام لإنتاج الكمية المطلوبة من الماء من خلال:

$$(1) \quad CFM = \frac{0.5886M_w \rho_a}{m_a t_p \varepsilon_R}$$

- حيث M_w عبارة عن كتلة الماء التي يجب أن ينتجها النظام خلال فترة التشغيل t_p ، ρ_a عبارة عن كثافة الهواء، و m_a عبارة عن نسبة الخلط (H₂O-كغ/هواء-كغ) المحددة من الخصائص السيكمترية القياسية للهواء الرطب. إن البارامتر ε_R عبارة عن كفاءة النظام الإجمالي في إزالة الماء من تيار الهواء وهو البارامتر الرئيس الذي يربط خصائص مواد الاشتراب بأداء النظام. إن القدرة المطلوبة لمضخة الماء ضئيلة مقارنة بهذه المصطلحات الأخرى وبالتالي سيتم إهمالها هنا. لحساب قدرة مضخة التفرغ، نحسب قدرة الانضغاط المطلوبة لرفع ضغط بخار الماء من الطبقة المجففة المتجددة إلى ضغط بخار التشبع الخاص بها بافتراض أن وحدة المكثف تعمل مع تغير في درجة الحرارة بمقدار 10 درجات مئوية فوق درجة حرارة الهواء المحيط. نفترض أن مضخة التفرغ فعالة بنسبة 80% في عمل الانضغاط الذي يتم إجراؤه على بخار الماء. ثمة افتراض نهائي هو أن الشفط على الطبقة المجففة كافٍ لإزالة الماء من مادة الاشتراب عند التشغيل فقط تحت ضغط المكثف، أي تكون نسبة الانضغاط ثابتة و ≥ 1.2 .
- 15 بالنسبة لقدرة المروحة، نستخدم البيانات المقدمة في Ward و Clarke (2006) لكفاءة المروحة في أنظمة التهوية النموذجية كما هو مبين في الشكل 2. وكما هو متوقع، تنخفض كفاءة المروحة مع زيادة الضغط الخلفي. يوفر هذا قيداً مهماً على تصميم الطبقة المجففة. انخفاض الضغط المفرط وبالتالي استهلاك القدرة العالية سينتج عن محاولة تمرير تيار الهواء عبر طبقة من جسيمات المجفف المعبأة بدقة. لتجنب ذلك، يمرر مفهوم تصميم النظام الخاص بنا تيار الهواء عبر القنوات بين الزعانف، على غرار تصاميم المُشعّات، وبالتالي يمكن أن يوفر ضغطاً خفياً بالحد الأدنى على المروحة. لأغراض التحليل هنا، استخدمنا قيمتين لكفاءة المروحة، 10 و3 قدم مكعب في الدقيقة/واط لإكمال حساب استهلاك الطاقة لنظام AWE الخاص بنا.
- 20
- 25
- 30

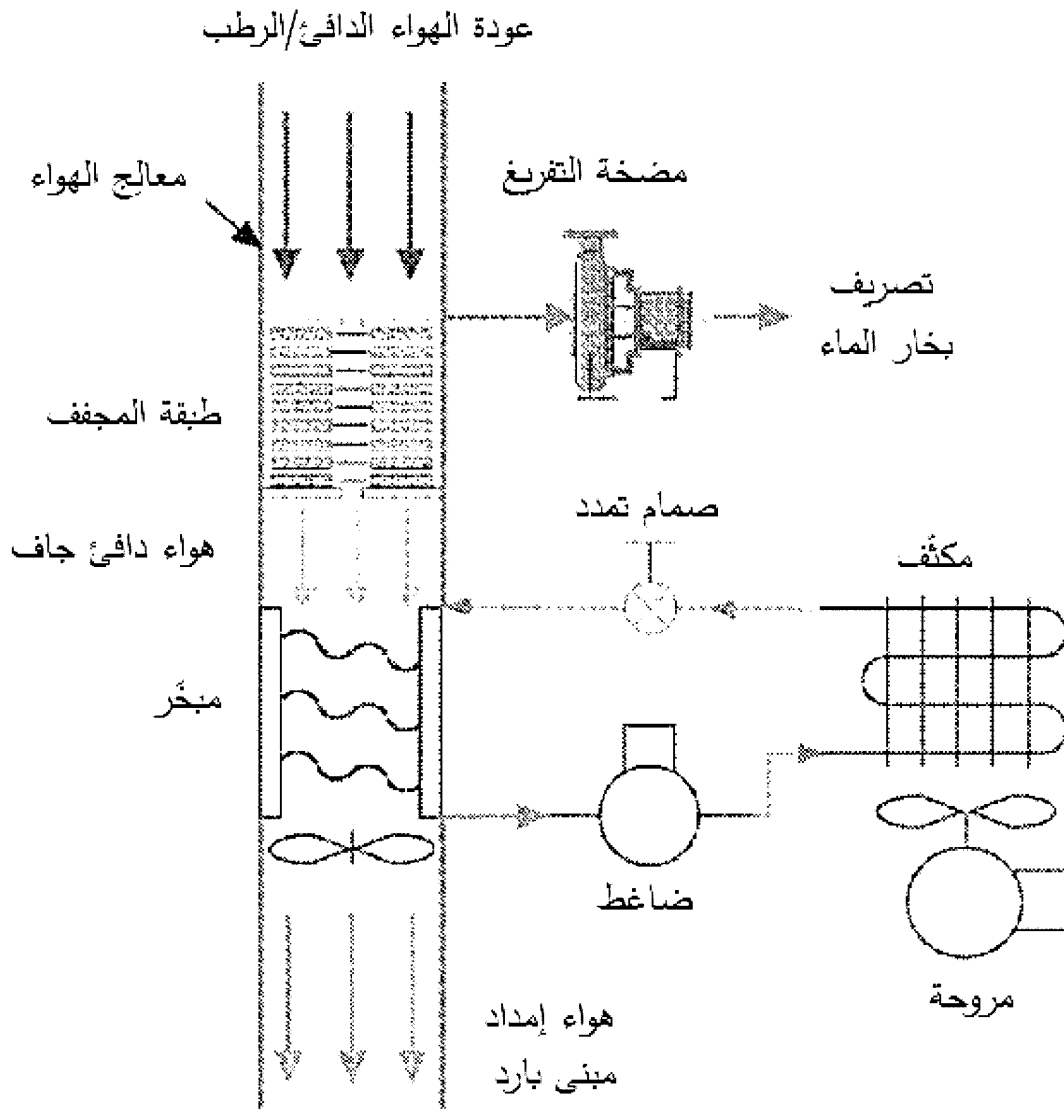
- مع الافتراضات البسيطة الموضحة أعلاه، يقع استهلاك الطاقة لتصميمنا على طول منحني واحد تحدده نسبة الخلط لتيار الهواء المحيط. تستهلك قدرة المروحة حوالي 80% من إجمالي ميزانية الطاقة. توفر النتائج الثقة في أن نظام AWE الخاص بنا يمكنه تحقيق هدف يبلغ 42 واط.ساعة/لتر إذا كان تصميم النظام يوفر ضغطاً خلفياً منخفضاً على المروحة. من المحتمل أن تؤدي مواد الاشتراب المحسنة لحالة 43 درجة مئوية و60% رطوبة RH إلى أداء ضعيف 5 وتؤدي إلى استهلاك قدرة أعلى بكثير في شروط أكثر صعوبة تتمثل في 27 درجة مئوية و10% RH والعكس بالعكس.
- يبين الشكل 8 مثلاً لنظام طبقة مجففة لتصميم مشع بأنايب حرارية معدل تم تشكيله بشكل مشابه لمشح مع مجموعة من الزعانف الموصلة حرارياً مصنوعة من مادة خفيفة الوزن للغاية مثل الغرافين المطلي بالمجفف. عندما يتدفق الهواء عبر القنوات بين الزعانف، تزيل الأنايب 10 الحرارية الحرارة من كل طبقة امتزاز لنقلها إلى الغرفة الأخرى مع مجموعة متطابقة من الطبقات التي تخضع للتجديد. أكدت محاكاة نقل حرارة لهذا التصميم باستخدام ANSYS-Fluent برمز ديناميكيات الموائع الحسابية (CFD) أن ارتفاع درجة الحرارة بحد أقصى 5 درجات مئوية فقط في طبقة الامتزاز لحالة 43 درجة مئوية، و60% RH التي لديها أقل معدل تدفق للهواء (1000 قدم مكعب في الدقيقة). هذا يؤكد فرضية تصميمنا في القدرة على إقران حجرات الامتزاز - 15 الاشتراب حرارياً وتشغيل نظام AWE بشكل متساوي الحرارة تقريباً.
- تعد هذه التقنية تحسناً كبيراً على أنظمة التبريد بانضغاط البخار اليوم وتوفر إدارة الرطوبة في مساحات المباني المكيفة بغرامة طاقة تبلغ صفرًا. بالإضافة إلى ذلك، فإن التصميم البسيط سهل الاستعمال لكل من أنظمة HVAC الجديدة والتركيبات المعدلة. بناءً على الاستيعاب المتوقع 20 لمجففات متطورة، من المتوقع أن يزيد حجم نظام إزالة الرطوبة لحالتنا المرجعية RT 50 على 30 قدمًا مكعباً مباشرةً. يمكن مقارنة ذلك مع نظام إزالة رطوبة المباني التجارية لتدفق الهواء بنفس الحجم (17000 قدم مكعب في الدقيقة) من 200 قدم مكعب. ومن ثم، يمكن دمج النظام المتصور هنا في وحدات معالجة الهواء HVAC القياسية غير الممكنة مع أنظمة إزالة الرطوبة الحالية. أخيراً، نشير إلى أن نظام المجفف قابل لإضافة مواد اشتراب أخرى للإزالة الانتقائية 25 للملوثات (مثل CO₂ أو VOCs)، والتي يمكن أن تعزز جاذبية العملاء بما يتجاوز وفورات الطاقة والتكاليف وحدها.
- يظهر تصميم تخطيطي ثانٍ في الشكل 9. في الشكل 9، يتم توفير حرارة الامتزاز من الطبقة النشطة إلى طبقة التجديد من خلال تصميم يستخدم أنايب حرارية. والفائدة هي عملية نقل حرارة سلبية تُنتج حالة متساوية الحرارة أثناء امتزاز/تجديد الطبقة. علاوة على ذلك، توفر السطوح الخارجية للأنايب الحرارية دعماً طبيعياً للمواد المجففة المراد وضعها. بالإضافة إلى تصميم 30 الطبقة المجففة، يمكن أن تكون التمديدات ضرورية لتحويل تدفق الهواء وعزل الفراغ حول كل

- طبقة أثناء التجديد. في الترتيب المبين في الشكل 9، من المتوقع أن يتم تصنيع قسيمي المجفف باستخدام تمديدات أسطوانية مع أنابيب حرارية بقطر ¼ بوصة موضوعة في التدفق العرضي. سوف يتم طلاء كل أنبوب حراري بطبقة من مادة اشتراط حول محيطه بسماكة طبقة الاشتراط المثلى. سيؤدي نمط التركيب المتدرج على طول اتجاه التدفق إلى زيادة تعرض تدفق الهواء إلى المجفف إلى أقصى حد وتعزيز المزيد من الاضطراب والخلط مما ينتج عنه معاملات نقل حرارة وكتلة أعلى. سيتم تجميع أقسام الطبقة بصمامات عزل تدفق الهواء المصنفة حسب الفراغ مع تحكم مستقل في التحويل إما إلى تصريف الهواء أو مضخة التفريغ. سيتم تجهيز النظام بالكامل بمزدوجات حرارية ومحولات ضغط وعدادات تدفق كوريوليس ومستشعرات RH لمراقبة البارامترات والمتغيرات الرئيسية. سيتم التحكم في تركيزات الماء في تيار الهواء المحيط بواسطة صمام خلط يدمج تيار هواء جاف مع كميات متغيرة تبلغ 100% RH لتيار الهواء لتحقيق رطوبة معينة. يتم وضع مستشعرات الرطوبة النسبية (Omega Engineering, Inc., طراز RH-USB) في مدخل ومخرج الطبقة المجففة لمراقبة قيم RH بشكل مستمر. سيسمح لنا نظام الاختبار البسيط هذا بجمع جميع معلومات الأداء المطلوبة على نظام الطبقة المجففة لتقييم الأداء وإجراء آلاف دورات التجديد للبحث عن أي تدهور في خصائص المجفف.
- 15 في حين يتم عرض ووصف تجسيديات مفضلة مختلفة للكشف، فإنه يجب أن يكون مفهوماً بوضوح أن هذا الكشف لا يقتصر على ذلك ولكن يمكن تجسيده بشكل مختلف للممارسة العملية ضمن نطاق عناصر الحماية التالية.

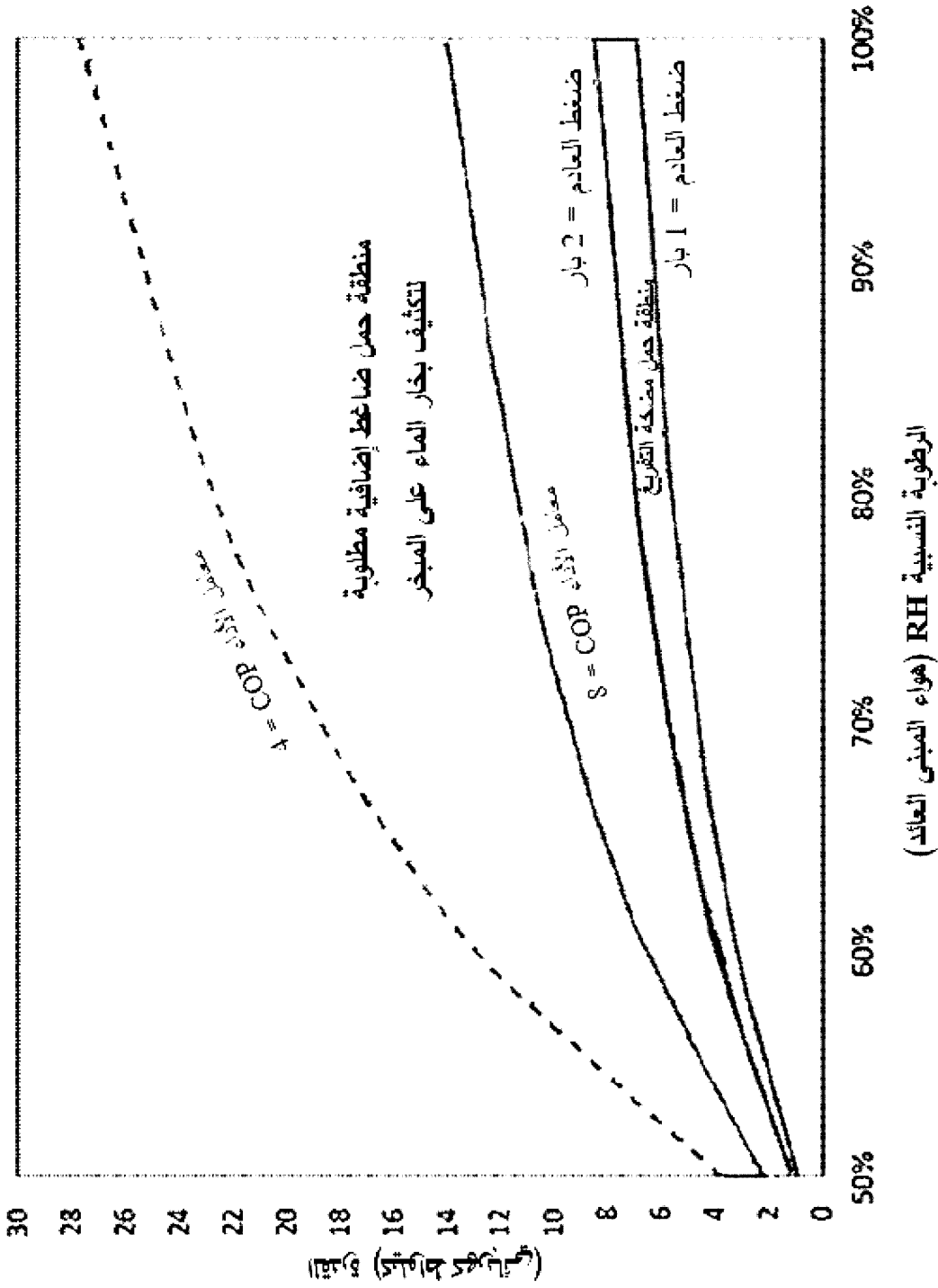
عناصر الحماية :

1. نظام إدارة الرطوبة لنظام تدفئة وتهوية وتكييف الهواء HVAC يشتمل على:
 - 5 مادة مسامية مجففة ذات بنية نانوية تم تكوينها لامتزاز الماء من تيار مدخل عند ضغط هواء أول وإطلاق الماء من تلك المادة عند تعرضها لضغط هواء ثانٍ حيث يكون ضغط الهواء الثاني المذكور أقل من ضغط الهواء الأول.
2. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث توجد المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية داخل طبقة مجفف واحدة على الأقل.
3. أنظمة إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 1 أو عنصر الحماية 2، تشتمل كذلك على مضخة تفريغ تم تكييفها لتوفير شفق للمادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية بما يكفي لخفض ضغط الهواء وإزالة الماء من المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية.
4. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-3، حيث يتم اختيار المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية من المجموعة التي تتكون من: الأطر العضوية المعدنية MOFs، الزيوليتات، السيليكا متوسطة المسام، مواد الأطر العضوية التساهمية؛ البولييمرات العضوية المسامية؛ والكربون المسامي.
5. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 4 حيث تكون المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية عبارة عن مادة MOF.
6. أنظمة إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 5 حيث تشتمل المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية على: MOF مختار من المجموعة التي تتكون من MOF 303 أو 801 أو 841.
7. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 6 حيث تشتمل المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية على MOF 303 أو 801.
8. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-7، يشتمل كذلك على نظام لتوصيل الحرارة لتوصيل الحرارة إلى المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية.
9. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 8 حيث يشتمل نظام توصيل الحرارة على أنبوب حراري تم تكوينه عملياً لتوصيل الحرارة إلى المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية.
10. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-9، حيث يتم تجسيد المادة المسامية المجففة ذات البنية النانوية ضمن طلاء على زعنفة.
11. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-10، يشتمل كذلك على مجموعة أولى من طبقات تحتوي على مجفف ومجموعة ثانية من طبقات تحتوي على مجفف، تحتوي كل من

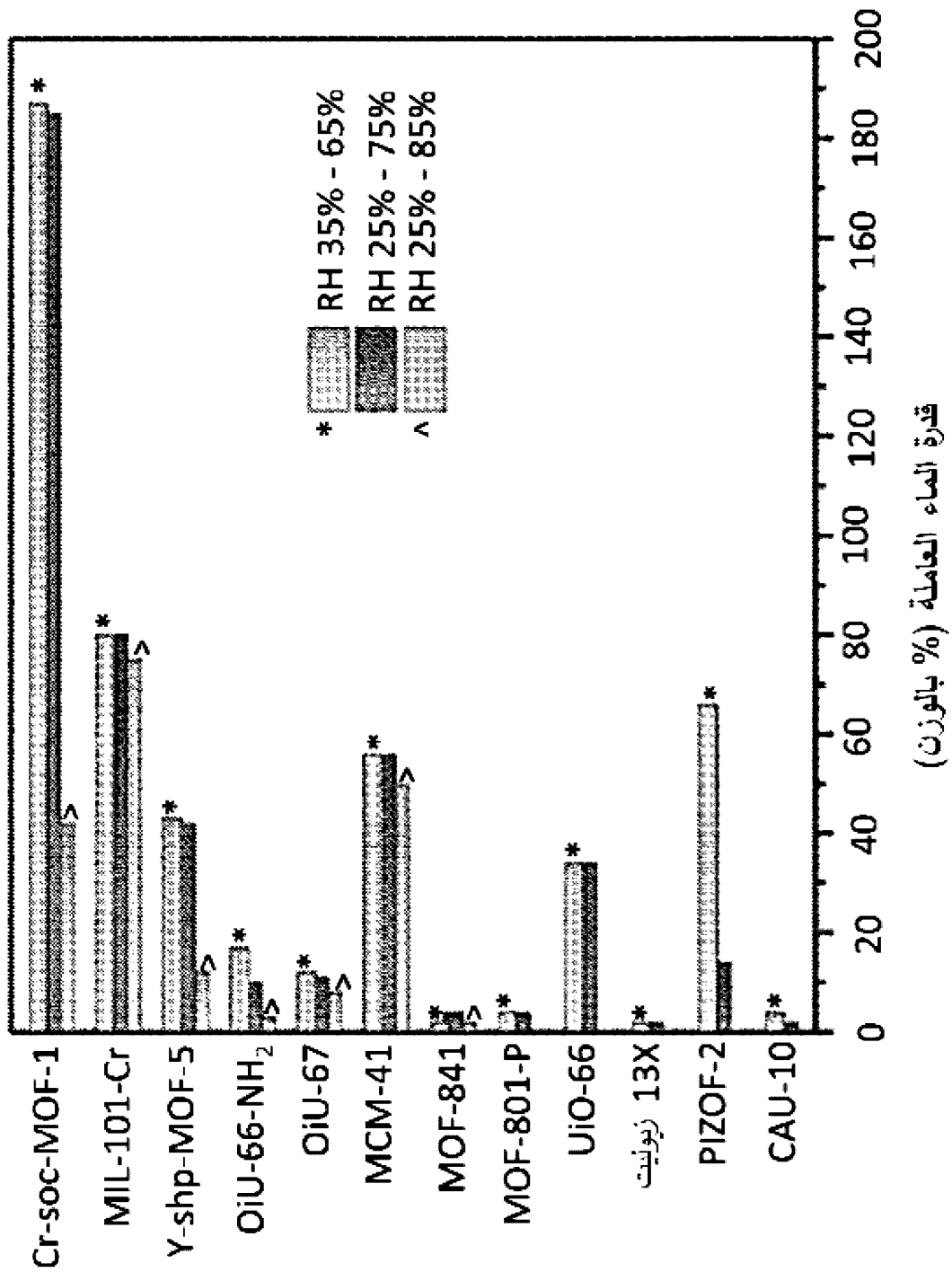
- الطبقات المحتوية على المجفف الأولى والثانية المذكورة على مادة مجففة ذات مسام نانوية تم تكوينها لإزالة الماء من تيار هواء يمر فوق الطبقات المذكورة.
12. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 11، حيث تحتوي الطبقات المجففة الأولى المذكورة والطبقات المجففة الثانية المذكورة على نفس المادة المجففة ذات المسام النانوية.
13. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-12، حيث يتم تكوين المادة المسامية 5 المجففة ذات البنية النانوية ضمن شكل ثلاثي الأبعاد.
14. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 13، حيث يكون الشكل ثلاثي الأبعاد عبارة عن قضيب.
15. نظام إدارة الرطوبة وفقاً لعنصر الحماية 13 أو عنصر الحماية 14، حيث يتم وضع الشكل ثلاثي الأبعاد داخل مسار ممر الهواء.
16. طريقة لإزالة الماء من تيار هواء بدون تسخين إضافي، تشتمل الطريقة على:
- تمرير تيار هواء يحتوي على ماء فوق مادة مسامية ذات بنية نانوية تم تكوينها لامتزاج الماء من تيار مدخل عند ضغط هواء أول ولإطلاق الماء من تلك المادة المسامية ذات البنية النانوية عند تعرضها لضغط هواء ثانٍ، حيث يكون ضغط الهواء الثاني المذكور أقل من ضغط الهواء الأول لتجميع الماء على المادة المسامية ذات البنية النانوية، ثم تقليل ضغط الهواء المحيط لإطلاق 15 الماء من المواد المسامية ذات البنية النانوية، وتجديد المادة المسامية ذات البنية النانوية لالتقاط مزيد من الماء.
17. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 16 حيث يتم توفير الانخفاض في الضغط المحيط بواسطة فراغ.
18. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 16 أو عنصر الحماية 17، حيث يتم تغليف المادة المسامية ذات البنية النانوية في طبقتين منفصلتين عملياً اثنتين على الأقل، حيث يتم وضع إحدى الطبقتين لالتقاط الماء من تيار هواء ويتم وضع الأخرى لإطلاق الماء الملتقط.
19. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 18، حيث تشتمل الطبقتان المنفصلتان عملياً الاثنتان على الأقل على طبقة أولى وطبقة ثانية، تشتمل الطريقة كذلك على توفير مادة نقل حرارة في اتصال مائع عملي بين الطبقة الأولى والطبقة الثانية بحيث يتم تمرير الحرارة المنبثقة من عملية واحدة 25 للمساعدة في العملية الأخرى.
20. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 19، حيث يتم احتواء مادة نقل الحرارة داخل مجرى.



الشكل 1

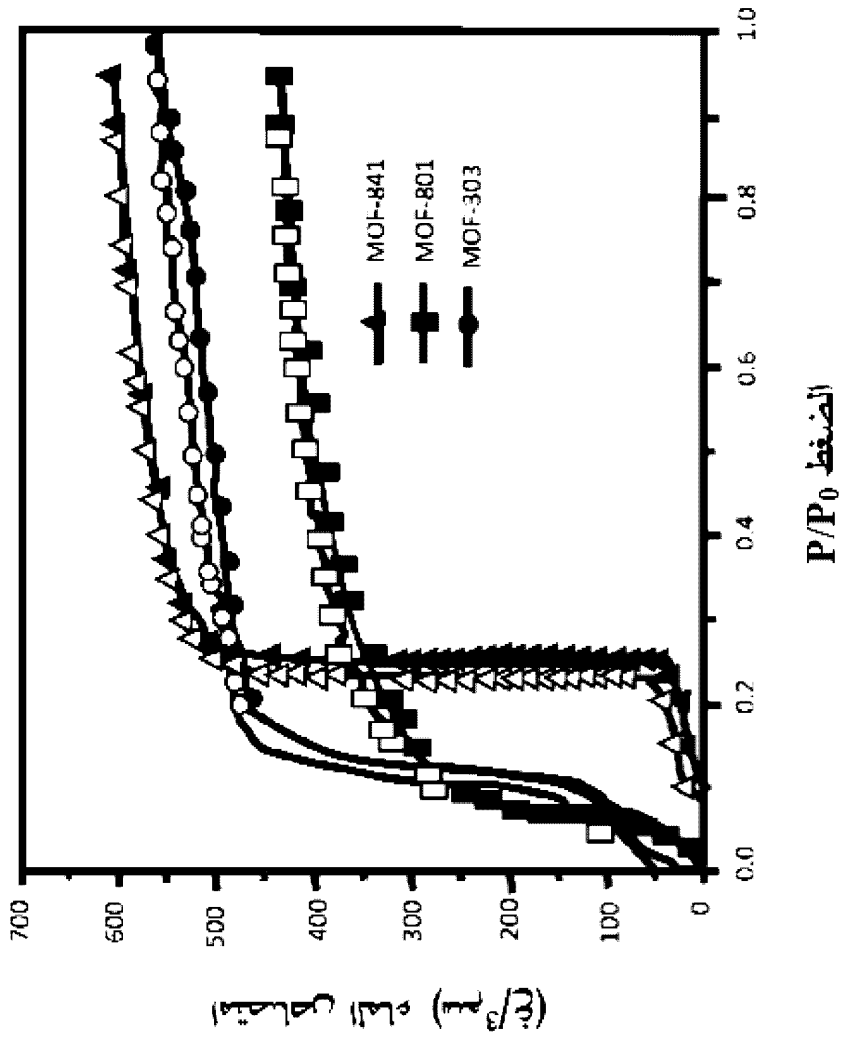


الشكل 2

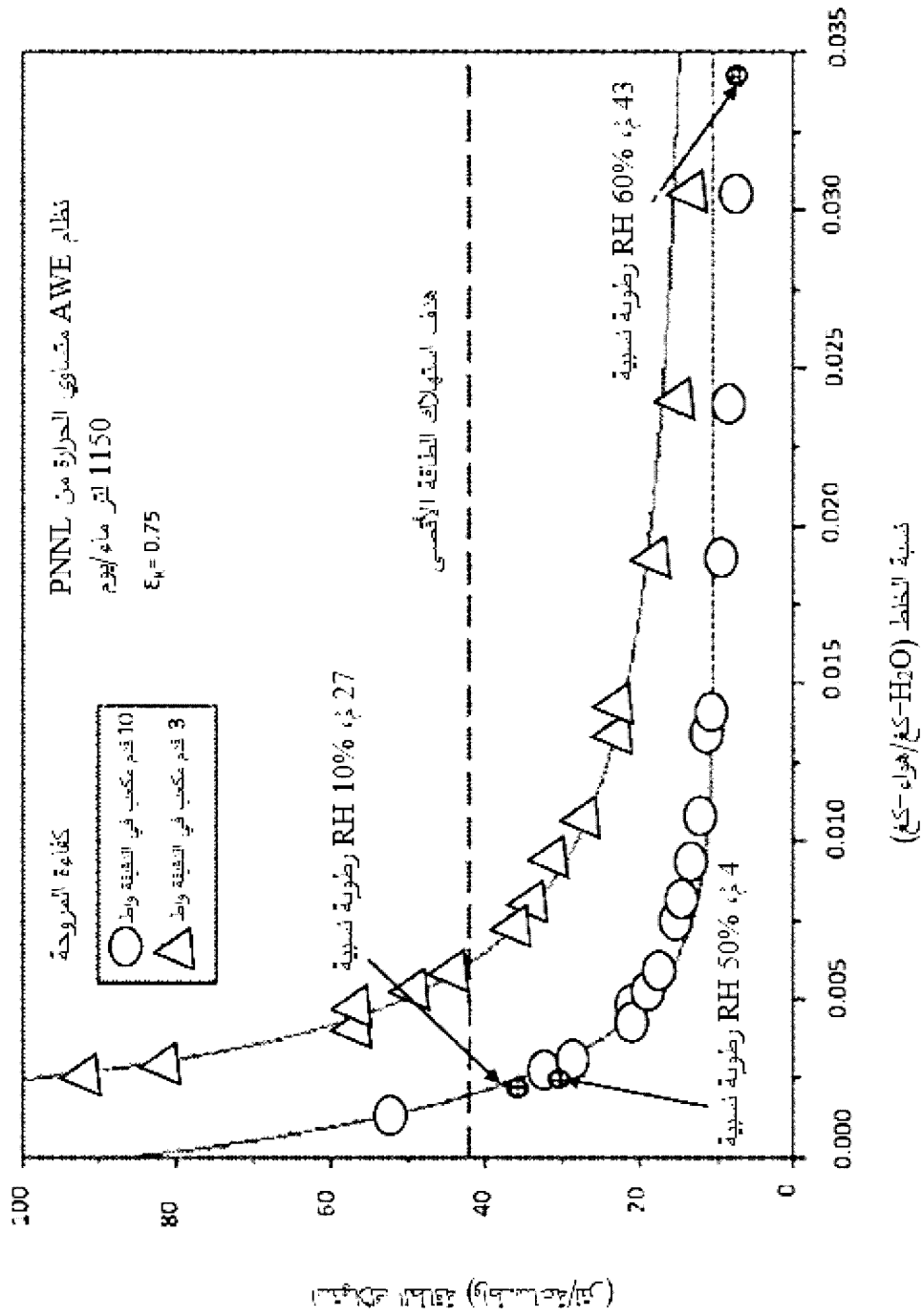


الشكل 3

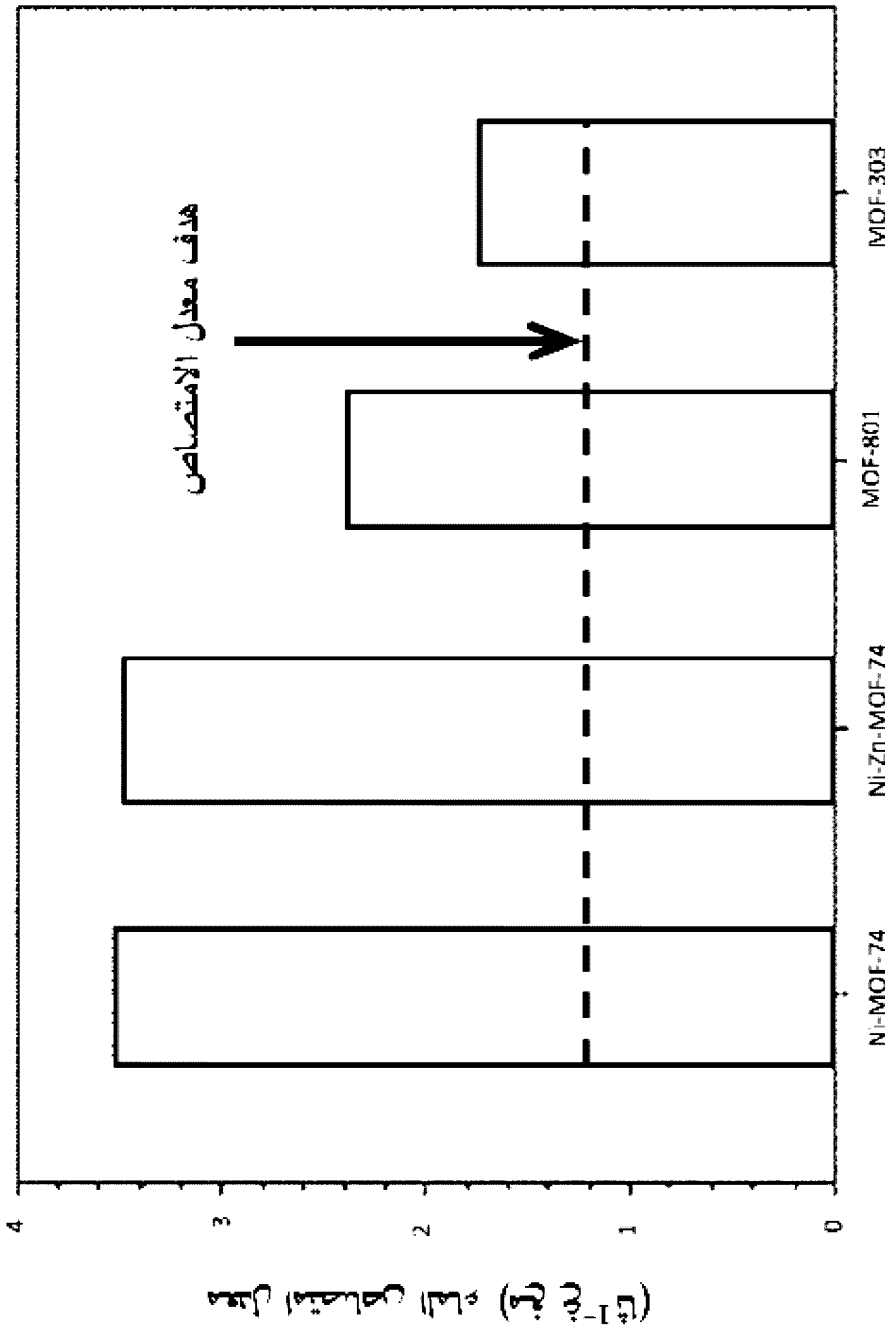
قدرة الماء العاملة (% بالوزن)



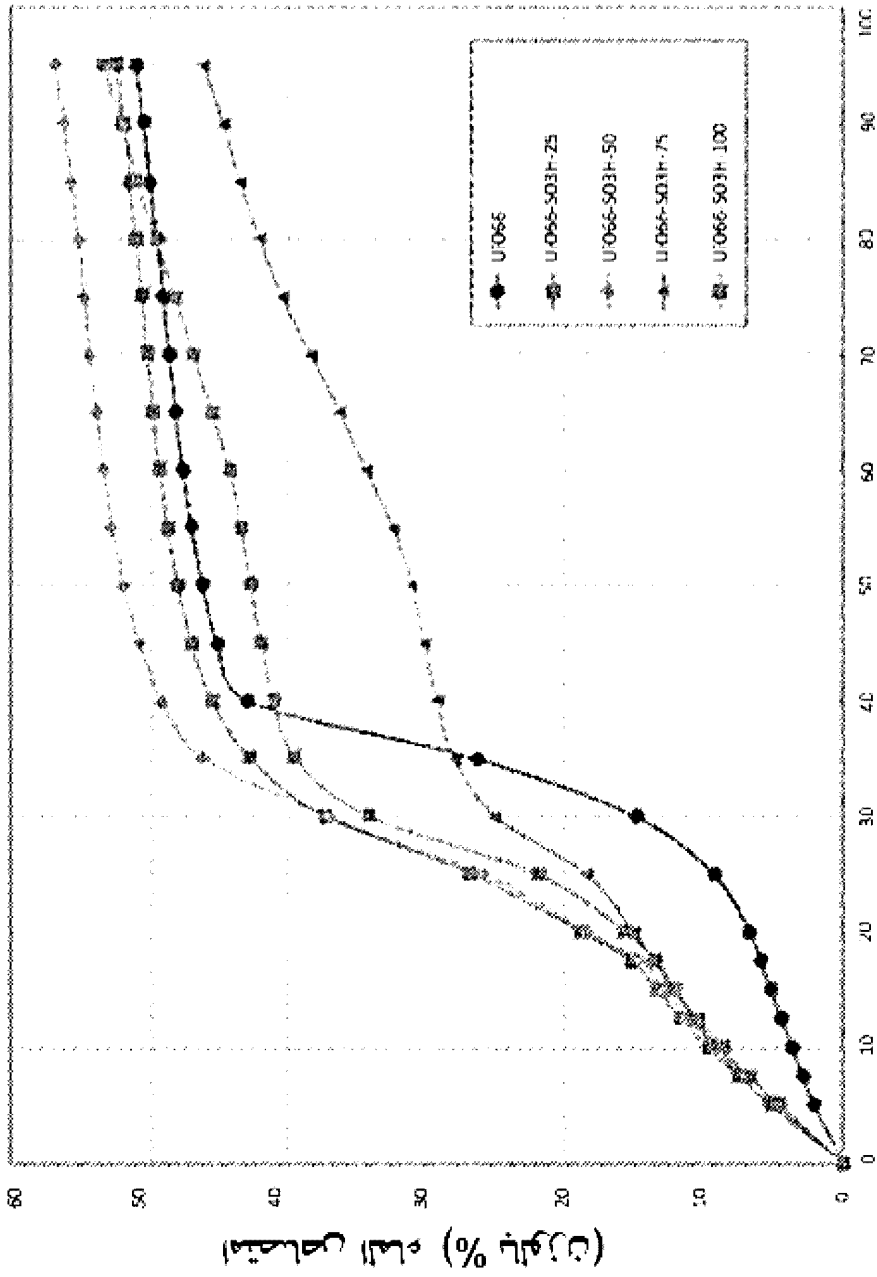
الشكل 4



الشكل 5

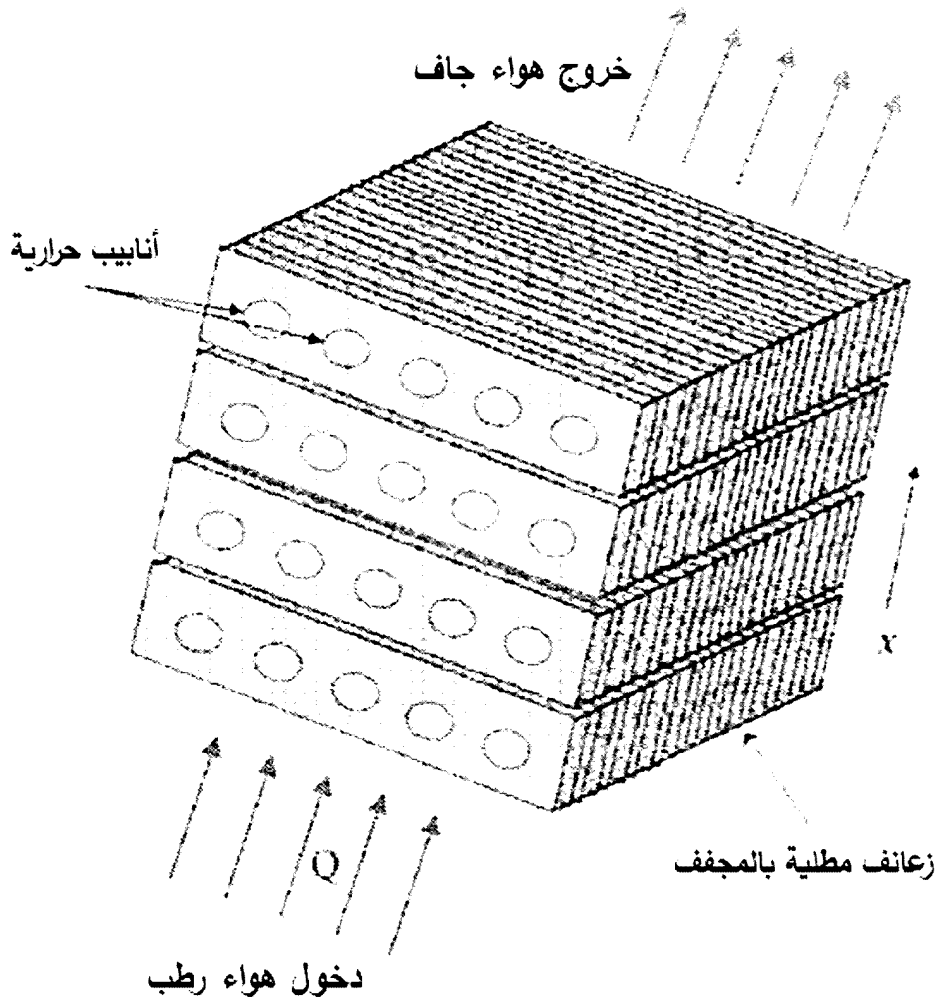


الشكل 6



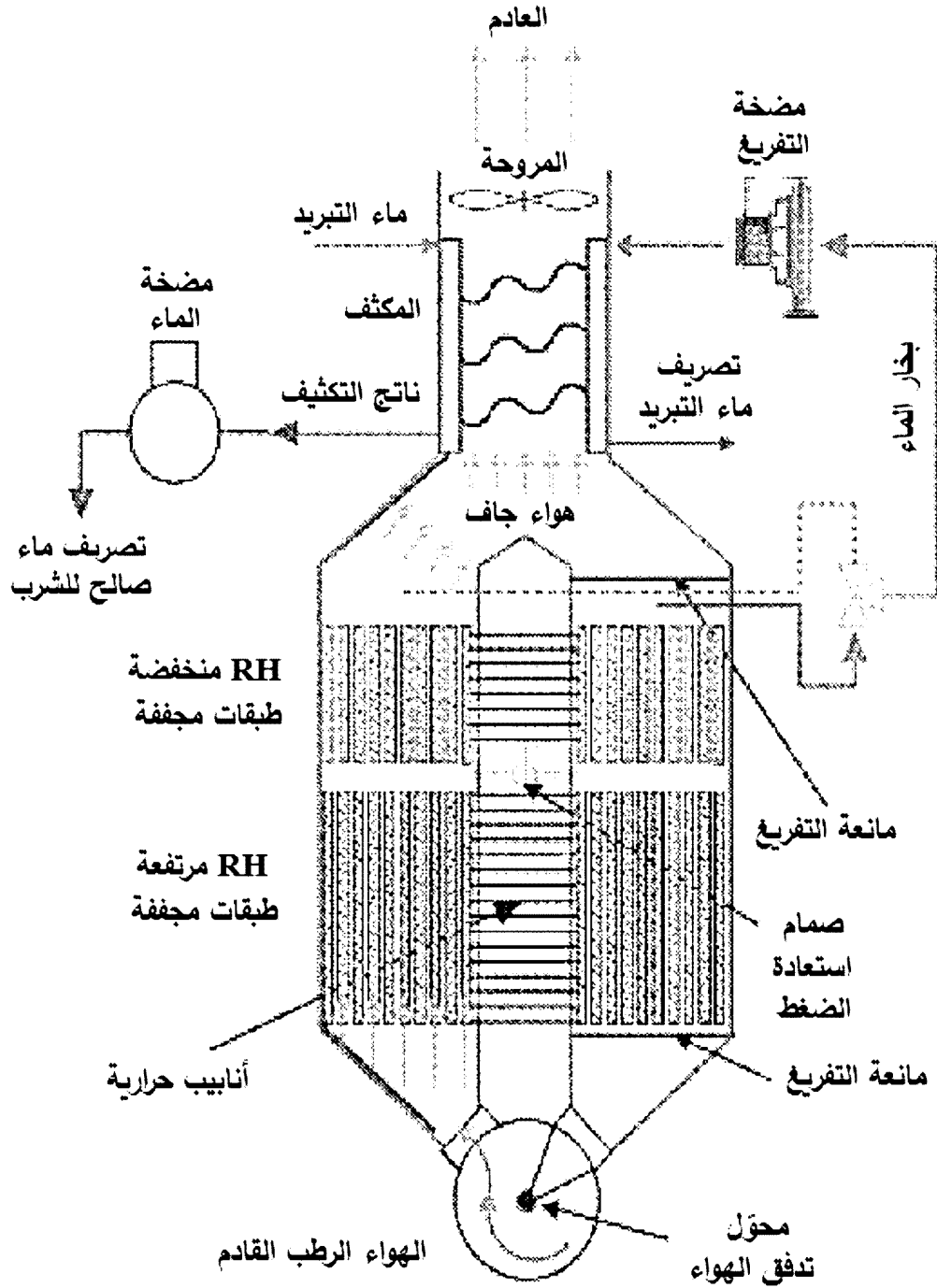
الرطوبة النسبية (%)

الشكل 7



الشكل 8

9/9



الشكل 9

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 59294	Date de dépôt : 29/10/2020
Déposant : BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE	Date d'entrée en phase nationale : 31/01/2023
	Date de priorité: 14/08/2020
Intitulé de l'invention : PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE DÉSHUMIDIFICATION ET D'EXTRACTION D'EAU ATMOSPHÉRIQUE AVEC UNE CONSOMMATION D'ÉNERGIE MINIMALE	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BRINI Abdelaziz	Date d'établissement du rapport : 13/03/2023
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
12 Pages
- Revendications
20
- Planches de dessin
9 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : B01D53/26, F24F3/14

CPC : F24F3/1411, F24F3/1429, F24F3/153, B01D53/26

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	JP2005030754A ; NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY ; 03-02-2005	1-3,8-10,13-20
Y	revendications 2, 16-17 ; et figures 1, 5, 7	4-7,11-12
Y	CN209484741U ; UNIV. HUNAN SCI & TECHNOLOGY ; 11-10-2019 paragraphes [0015]-[0016] ; et figure 1	4-7
Y	KR20200009148A ; 7AC TECHNOLOGIES, INC ; 29-01-2020 paragraphes [0050]-[0052] ; et figure 10b	11-12

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 4-7,11-12	Oui
	Revendications 1-3,8-10,13-20	Non
Activité inventive	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-20	Non
Application Industrielle	Revendications 1-20	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : JP2005030754A
D2 : CN209484741U
D3 : KR20200009148A

1. Nouveauté

Le document D1 décrit un système de gestion de l'humidité pour un système de climatisation comprenant un matériau poreux (70) configuré pour adsorber l'eau d'un flux d'entrée (64) à une première pression d'air et pour libérer l'eau du matériau poreux matériau (70) lorsqu'il est soumis à une seconde pression d'air, dans lequel la seconde pression d'air est inférieure à la première pression d'air (voir revendications 2, 16-17 ; et figures 1, 5).

Par conséquent, l'objet des revendications indépendantes 1 et 16 n'est pas nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les caractéristiques supplémentaires des revendications dépendantes 2, 3, 8-10, 13-15, 17-20 sont toutes divulguées dans le document D1 (voir revendications 2, 16-17 ; figures 1, 5, 7), d'où celles-ci ne sont pas nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications 4-7 et 11-12, d'où celles-ci sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le document D1 est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 4.

L'objet de la revendication 4 diffère de D1 en ce que le système de gestion de l'humidité comprend un matériau poreux déshydratant nanostructuré qui est choisi dans le groupe constitué de : MOF, zéolites, silice mésoporeuse, matériaux de charpente organiques covalents, polymères organiques poreux, et carbone poreux.

Le problème à résoudre par la présente demande peut être considéré comme étant la fourniture

d'un système alternatif de gestion de l'humidité.

La solution proposée est évidente pour les raisons suivantes :

Les caractéristiques supplémentaires des revendications 4 à 7 seraient facilement déduites de la divulgation de D2 (voir les paragraphes [0015]-[0016] ; et figure 1 : un air humide passe à travers un canal déshumidifié (9) rempli d'un matériau MOF-801. (8) pour le séchage de l'air humide).

Par conséquent, les revendications 4 à 7 manquent d'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, suite à une combinaison évidente entre D1 et D2.

De même les caractéristiques supplémentaires des revendications 11-12 découleraient facilement de l'exposé de D3 (voir les paragraphes [0050]-[0052] ; et figure 10b : les première et deuxième plaques à membrane (1007) sont montées sur un boîtier (1003) dans lequel un air d'alimentation (1001) passe, et chaque plaque a au moins une surface à travers laquelle un déshydratant liquide peut s'écouler).

Par conséquent, les revendications 11 et 12 manquent d'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, suite à une combinaison évidente entre D1 et D3.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.