



المملكة العربية السعودية
Kingdom of Saudi Arabia



الهيئة السعودية للملكية الفكرية
Saudi Authority for Intellectual Property

براءة اختراع

إن الرئيس التنفيذي للهيئة السعودية للملكية الفكرية و بموجب أحكام نظام براءات الاختراع و التصميمات التخطيطة للدارات المتكاملة و الأصناف النباتية و النماذج الصناعية الصادر بالمرسوم الملكي الكريم رقم م/27 وتاريخ 1425/05/29هـ و المعدل بقرار مجلس الوزراء رقم 536 و تاريخ 1439/10/19هـ ، و لأئحته التنفيذية. يقرر منح :

إنرجينيسست إيه إس
ENERGYNEST AS

بتاريخ : 1442/12/16 هـ

الموافق : 2021/07/26 م

براءة اختراع رقم : SA 8345

عن الاختراع المسمى :

عنصر لتخزين الطاقة الحرارية

Element for a Thermal Energy Storage

وفق ما هو موضح في وصف الاختراع المرفق، ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق النظامية في المملكة العربية السعودية خلال فترة سريان الحماية.

الرئيس التنفيذي

د. عبدالعزيز بن محمد السويلم

الموافق: 2021/07/26 م

عنصر لتخزين الطاقة الحرارية

Element for a Thermal Energy Storage

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بتخزين الطاقة storage of energy. وبشكل أكثر تحديداً، يتعلق الاختراع بعنصر لتخزين طاقة حرارية جامدة thermal energy storage (TES)، مما يجعل تصنيع، وزيادة أو تقليص، وعملية وصيانة تخزين الطاقة الحرارية أبسط، وأكثر كفاءة واستمرارية، وبالتالي تقليل تكلفة التخزين و التسليم اللاحق للطاقة.

5

تعد الطاقة في صورة الكهرباء والحرارة أمراً حيوياً للمجتمع الحديث. وتأتي الغالبية العظمى من مجموع الطاقة اليوم من مصادر الطاقة الأولية الأحفورية fossil primary energy مثل الفحم coal ، والنفط oil والغاز gas . وتؤدي الانبعاثات الناتجة عن الطاقة الأحفورية fossil energy في النهاية إلى ظاهرة الاحتباس الحراري global warming وغيرها من الآثار البيئية السلبية. وقد بدأ العالم الآن ببطء التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة renewable energy sources مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح solar and wind energy. والطبيعة الفطرية لمصادر الطاقة هذه

10

هي أنها تعتمد على الشمس، والطقس والظروف المناخية، الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى موثوقية متقطعة ومنخفضة لإمداد الطاقة. ومعظم البلدان الآن لديها طموح لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الكلي الخاص بهم، والتخلص التدريجي من تلوث محطات الطاقة

الأحفورية. وللأسف، فقد ثبت أنه من الصعب جداً أن تغلق هذه المحطات ببساطة لأن معظم

15

مصادر الطاقة المتجددة renewable energy sources لا يعول عليها ولا يمكن ضمان توصيل الطاقة عند الحاجة إليها؛ وبالتالي، يجب الحفاظ على قدرة إنتاج الطاقة التقليدية بدلاً من التخلص منها. ولهذا السبب، تم التعرف على تخزين الطاقة بكفاءة، وعلى نطاق واسع باعتبارها المساعد الرئيسي لتسهيل الانتقال للاعتماد على الطاقة المتجددة وخلق الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة يكون متوقعا ويمكن الاعتماد عليها.

20

- وسيكون لتخزين الطاقة الحرارية Thermal energy storage (TES) دورا رئيسيا في المستقبل، وبخاصة في محطات الطاقة الشمسية المركزة (CSP) concentrating solar power حيث يمكن تخزين الحرارة من مجال الطاقة الشمسية خلال النهار وطرحها للاستخدام خلال وقت متأخر من المساء والليل. ويمكن أيضا أن تستخدم TES لتخزين الطاقة الزائدة من محطات الرياح أو محطات الفلطائية الضوئية عن طريق تحويل فائض الكهرباء إلى حرارة، والتي يمكن تحويلها مرة أخرى إلى كهرباء في وقت لاحق. وقد تجد TES أيضا تطبيقات في محطات الطاقة الأحفورية أو محطات الطاقة النووية التقليدية، مما يتيح زيادة المرونة التشغيلية، التي أصبحت ملحة أكثر وأكثر في مناطق ذات تغلغل عالي لمصادر الطاقة المتجددة المتقطعة intermittent renewable energy sources.
- 10 وتخزين الطاقة هو في الواقع مسألة لزمن تحويل الطاقة منذ أن يتم إنتاجها إلى أن تكون مطلوبة. وبعض العوامل ذات أهمية خاصة لتخزين الطاقة، مثل: فقدان الطاقة، والقدرة على التخزين، ومعدل نقل الطاقة خلال الإدخال - الإخراج input-output ، وبشكل واضح التكلفة أيضا. ويتمثل التحدي في تطوير تقنية تخزين الطاقة التي يمكن أن تحقق كل هذه العوامل. ويسمح تخزين الطاقة بالتوصيل في بعض الأحيان عندما لا يمكن توصيل مصادر متغيرة، والسماح لجزء نسبي أكبر من مصادر الطاقة أن تكون متجددة وصديقة للبيئة. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن زيادة الحد الأقصى للتوصيل، حيث يمكن لكلا من المصادر والمخازن توصيل الطاقة في نفس الوقت، ويمكن أن تكون شبكات نقل الطاقة الكهربائية أو الطاقة الحرارية أصغر حيث يمكن أن تقع المخازن حيث يتم وجود الطلب.
- 15 وعلى الرغم من التدابير مع الدعم من الحكومات، فإن أداء التكلفة الكلي كان وسيكون المحرك الرئيسي للتحويل نحو الطاقة المتجددة والمستدامة على نطاق واسع. وفي نهاية المطاف، فإن التحدي الكبير هو التوصل إلى تقنية الطاقة المستدامة، وعلى وجه التحديد، تقنية تخزين الطاقة الجديدة التي يمكن أن تسهل التحويل الكبير المطلوب نحو توصيل طاقة صديقة للبيئة.
- 20 وفي نشرة طلب براءة الاختراع الدولي رقم 2012/169900 أ¹، يتم وصف TES، له خصائص مفيدة عن تخزينات التقنية السابقة. وبشكل أكثر تحديدا، يتم تقديم حلا عمليا وفعالا من حيث التكلفة لتخزين طاقة حرارية باستخدام مواد في حالة صلابة باعتبارها وسط التخزين الرئيسي، مما
- 25

- يسمح بتخزين الطاقة في صورة درجة حرارة عالية، مما يعني طاقة حرارية في درجة حرارة عالية بصورة كافية لتحويل الحرارة إلى طاقة كهربائية على نحو فعال في مجموعة مولد توربيني أو وسيلة مكافئة. ووفقاً لعنصر الحماية 1 من طلب براءة الاختراع الدولي رقم 2012/169900 أ1، تشمل الميزات الإلزامية حاوية نقل حرارة heat transfer container تحتوي على مائع نقل حرارة heat transfer fluid 5 ، ويحدث كل إنتقال وتوصيل الانتقال الحرارى عن طريق مائع نقل الحرارة داخل حاوية نقل الحرارة . ووسائل إدخال الطاقة هي أنابيب الضغط العالي، لاستقبال الحرارة من محطات الطاقة الشمسية solar power plants ، ومحطات الكهرباء التي تعمل بالفحم coal power plants ، والمصادر النووية nuclear sources ، ومصادر الكتلة الحيوية biomass sources ومصادر أخرى قادرة على توصيل الطاقة كموائع ساخنة hot fluid ، واختياريا 10 السخانات الكهربائية electrical heaters ، لاستقبال الطاقة من مصادر قادرة على توصيل الطاقة الكهربائية electrical energy ، مثل توربينات الرياح wind turbines أو محطات طاقة شمسية أساسها الفلطائية الضوئية photovoltaic based solar plants. ووسائل إخراج الطاقة هي أنابيب ضغط عالي منفصلة أو نفس أنابيب الضغط العالي المستخدمة لإدخال الحرارة. ويطلق على تخزين الطاقة الحرارية من طلب براءة الاختراع الدولي رقم 2012/169900 أ1 15 تخزين الطاقة الحرارية NEST thermal energy storage.
- وفي طلب براءة الاختراع الدولي رقم 2014/003577 أ1، يتم وصف كيف أن تخزين الطاقة الحرارية من طلب براءة الاختراع الدولي رقم 2012/169900 أ1 يكون مفيداً لتبسيط وزيادة كفاءة أنواع مختلفة من محطات الطاقة، مثل محطات الطاقة الشمسية المركزة. وتوفر السمات الأساسية كفاءة وبساطة نقل الطاقة من مصدر الحرارة وتوصيل الحرارة المخزنة إلى جهاز توربيني أو مستخدم آخر. 20
- وعلى الرغم من أن تدريس طلبات براءات الاختراع الدولية أرقام 2012/169900 أ1 و 2014/003577 أ1 يوفر خطوات هامة نحو زيادة استخدام مصادر الطاقة الصديقة للبيئة نيابة عن مصادر الوقود الأحفوري fossil sources والمصادر النووية nuclear sources ، لا تزال هناك حاجة إلى تحسينات. وفي الممارسة العملية، ستكون التكلفة، الحافز الرئيسي في هذا الصدد، على الرغم من أن الحكومات تتخذ التدابير لزيادة التحول نحو حلول صديقة أكثر للبيئة. 25

ولا ترتبط التكلفة فقط بالتكلفة المادية وتكلفة البناء، ولكن ترتبط أيضاً بالتكلفة التشغيلية، وقوة التحمل، والصيانة وكفاءة الطاقة الكلية. ولإيجاد تقنية وتصميم محسن لمادة صلبة فإن TES يكون لها تأثير اقتصادي كبير، مما يساعد على تحويل سوق الطاقة في اتجاه أكثر استدامة. وبالتالي، يوجد طلب من أجل تقنية يمكن أن تقلل من التكاليف وتعزز أداء TES.

5 الوصف العام للاختراع

يلبي الاختراع الحالي الطلب بتوفير عنصر بسيط ومتعدد الاستعمال بشكل مدهش لتخزين الطاقة الحرارية.

وبشكل أكثر تحديداً، يوفر الاختراع عنصر لتخزين الطاقة الحرارية قابل للتمدد بسهولة، يتميز بأن العنصر يشتمل على:

10 غلاف خارجي يكون عبارة عن صورة تغليف مدمج وتسليح،

وسط تخزين حراري صلب في صورة خرسانة صلبة، حيث تم صب هذه الخرسانة وتصليدها في الغلاف الخارجي المذكور.

ويفضل، أن يكون الغلاف الخارجي غلاف معدني metal shell. وبدلاً من ذلك، أن يكون الغلاف الخارجي غلاف ألياف منسوجة woven fibre shell ، وعلى سبيل المثال ألياف كربونية

15 carbon fibre ، أو ألياف زجاجية glass fibre ، أو غلاف ألياف البورون boron fibre

shell ، أو غلاف مواد مركبة composite material shell أو غلاف مواد كربونية carbon

material shell ، أو مواد أخرى تلبي المتطلبات الوظيفية للنموذج المحدد واستخدامه. وبشكل

أكثر تحديداً، فإن المتغيرات الأكثر ملاءمة لتلبية الاحتياجات الوظيفية هي صلابة التسليح،

والتوصيل الحراري، والمزايا عند درجات الحرارة المرتفعة والتكلفة الناجمة. وسوف يفضل بشكل

20 أكبر بالنسبة لمعظم النماذج غلاف صلب خارجي، مثل غلاف صلب كربوني carbon steel

shell أو غلاف فولاذ مقاوم للصدأ stainless steel shell.

ويفضل أن يكون الغلاف الخارجي غلاف معدني، له شكل مقطع عرضي يكون دائري، سداسي،

تربيعي، مستطيل، مستطيل مع زوايا مستديرة أو جوانب قصيرة نصف دائرية، أو مُضَلَع أو شكل

آخر. ويفضل، للتطبيقات ذات درجة الحرارة العالية جدا أو نطاق درجة حرارة حيوي كبير، أن يكون للعنصر شكل مقطع عرضي دائري للحصول على أفضل مقاومه للإجهاد الحراري
withstanding of thermal stress.

5 ويفضل، أن يكون الغلاف الخارجي مفتوحا في طرف واحد، ويتم سكب وصب الخرسانة الطازجة وغير المصلدة في ذلك الطرف المفتوح. واختياريا، يتم إغلاق الطرف المفتوح بغطاء غلاف معدني بعد الصب، وهو الأفضل للنماذج حيث ستكون العناصر محتواة بالكامل داخل مبيت لتخزين الطاقة الحرارية. وبدلا من ذلك، يمكن أن يكون الغلاف الخارجي مفتوحاً في كلا الطرفين، ولكن وجود غطاء أولي خلال الصب في طرف واحد، مع أو بدون فتحات للمبادلات الحرارية أو غيرها من المعدات ليتم صبها فيها وبالتالي تضمينها. ويفضل أن تكون طريقة صب خرسانة التخزين الحراري الصلبة طريقة من خطوة واحدة، ومع ذلك، يمكن أن تشمل طريقة الصب عدة خطوات، وعلى سبيل المثال ترك ثقب للمبادلات الحرارية بعد الخطوة الأولى، وإدراج المبادلات الحرارية وبعد ذلك الصب فيها وبالتالي تضمين المبادلات الحرارية، وذلك باستخدام نفس نوعية الخرسانة أو ملاط عالي الجودة للصب لاحقا.

والغلاف المعدني الخارجي يكون مموجا، مع تموجات عادية أو مع سطح عارض من نوع أنابيب-سبيرو، أو أن يكون الغلاف المعدني الخارجي ناعم ومستو.

20 ويفضل أن يشمل عنصر الاختراع أحد أو كلا من مبادل حراري وعنصر تسخين كهربائي، كوسيلة لإدخال وإخراج الحرارة، ويتم صب الوسيلة المذكورة في الخرسانة وبالتالي تضمينها في العنصر. ويفضل بشكل أكثر، أن يكون المبادل الحراري ذو أبعاد متناسبة لتوفير تدفق مضطرب لمائع نقل الحرارة في ظروف التشغيل العادية. وبالنسبة لمبادل حراري أنبوبي ذو قطر صغير، يعني هذا أن $4000 < Re$ ، ويفضل $5000 < Re$ ، حيث Re هو رقم رينولدز. وتحقيقا لهذه الغاية، يجب أن يكون قطر الأنابيب الداخلي صغير نسبيا مقارنة بمعدل التدفق، وبالتالي فإن مصطلح أنابيب ذات قطر صغير. كما هو معروف للأشخاص ذوي المهارة في التقنية، $Re = QD / \nu A$ ، حيث Q هو معدل التدفق الحجمي volumetric flow rate (م³ / ثانية)، و D هو قطر

الأنبوب الداخلي inner pipe diameter (م)، و ν هو اللزوجة الحركية kinematic viscosity (م²/ثانية) و A هو مساحة مقطع عرضي لأنبوب pipe cross sectional area (م²). 25

- وتسهل الأنابيب صغيرة القطر أيضا تدفق مائع الضغط العالي لإدخال وإخراج الحرارة، في أنبوب رقيق الجدران نسبيا بالمقارنة مع أنابيب قطرها أكبر. ولأشكال مقطع عرضي أخرى، ينبغي أيضا أن يكون في ظروف التشغيل العادية في النطاق للتدفق المضطرب، وحيث يحسن التدفق المضطرب في المبادل الحراري تبادل الحرارة. واختياريا، يكون للمبادل الحراري heat exchange زعانف خارجية external fins ، نتوءات protrusions ، لوحات plates أو تعزيزات هيكلية structural augmentations أخرى تقوم بزيادة مساحة السطح لتبادل الحرارة مع وسط تخزين الحالة الصلبة، ومع ذلك، يجب أن يؤخذ في الحسبان توخي الحذر فيما يتعلق بتجنب تشقق الخرسانة للتصميم المفصل. وكبديل أو بالإضافة إلى السخانات الكهربائية المدمجة، يمكن أن يتحقق إدخال حرارة مصدر كهربائي عن طريق تسخين مائع نقل الحرارة قبل أن يصل المائع المذكور إلى العناصر. 10
- وفي نموذج لتطبيقات درجة حرارة عالية، وبسبب مقاومة الإجهاد الحراري، يشمل العنصر مبادل حراري أنبوبي ذو قطر صغير، في شكل قطاع أنبوبي ذو قطر صغير مفتوح الطرف مرتب داخل قطاع أنبوبي مغلق الطرف ذو قطر أكبر.
- ويفضل أن يشمل، العنصر واحد أو أكثر من أنابيب مبادلات حرارية أنبوبية مدمجة ذات قطر صغير، مثل واحدة، أو اثنتان، أو ثلاثة، أو أربعة أو أكثر من قطاعات أنابيب على شكل حرف U ، ويفضل أن تكون اثنتين من قطاعات الأنابيب على شكل حرف U مرتبة بالتوازي في مادة التخزين الحراري الصلدة ولكنها متصلة بمدخل مشترك ومخرج مشترك، أو واحد أو أكثر من مبادلات حرارية أنبوبية ذات قطر صغير مدمجة حلزونية الشكل. وهذه النماذج هي الأفضل لنطاق عريض لدرجات حرارة التشغيل ونطاقات درجة الحرارة الفعالة. وكما ذكر، يشير المصطلح أنبوب ذو قطر صغير إلى القطر الصغير بالمقارنة مع معدل التدفق، مما يؤدي إلى تدفق مضطرب عند معدل التدفق الطبيعي. ويمكن أن تكون النماذج مع أنابيب متعددة ذات قطر صغير على شكل حرف U، أو عناصر مبادل حراري متعددة على شكل حرف U أو شكل آخر، في نظام أنابيب واحد مستمر أو أن تكون في عدة أنظمة أنابيب، مقترنة في سلسلة أو بشكل متواز. وتحافظ أنظمة الأنابيب المستمرة على الوصلات وتقلل من نقاط التسرب المحتملة، ولكن يمكن أن يكون من الصعب تنفيذها. 25

- ويفضل أن يشتمل العنصر على وسائل مدمجة لإدخال وإخراج الحرارة، مرتبة مع وصلات أو أطراف من جانب واحد للعنصر. ويفضل أن يكون الغلاف الخارجي غلاف صلب مصنوع من صفائح معدنية رقيقة لها سماكة جدار من 0,1 - 1 مم، ويفضل سماكة الجدار من حوالي 0,5 مم، ويتم لفها وتشكيلها داخل شكل مقطع عرضي دائري من شرائط صلب، وبالمثل قناة تهوية، واختيارياً أشكال أخرى، على سبيل المثال شكل مقطع عرضي سداسي الشكل، ولها غطاء قاع أو غطاء علوي. ويفضل أن يكون وسط التخزين الحراري الصلب هو ملاط قابل للصب بسهولة أو خليط خرساني له قدرة تخزين حراري معززة، وتوصيل حراري معزز ومقاومة معززة مقابل التكسير المستحث حرارياً، مقارنة بخرسانة البناء العادية، والتي هي الخرسانة القياسية لأغراض البناء. الخرسانة ويتضمن المصطلح خرسانة في هذا السياق مواد مقاومة للصهر يمكن أن تتصلد في الغلاف الخارجي، وهي مفيدة لدرجات حرارة التشغيل العالية. ويتم صنع غلاف معدني خارجي اختياريًا عن طريق الطي الطولي لشريط معدني مسطح وتوصيل جانبي الشريط بواسطة اللحام welding أو الطي folding.
- ويوفر الاختراع أيضاً طريقة لبناء عنصر وفقاً للاختراع. وتتميز الطريقة عن طريق الخطوات:
- لترتيب الغلاف الخارجي في وضع رأسي، مع طرف علوي مفتوح،
- 15 لملء الملاط أو خليط الخرسانة في الغلاف الخارجي، حتى يصل إلى مستوى محدد، وذلك باستخدام الغلاف المعدني الخارجي باعتباره مزيج من قالب الصب والتسليح.
- ويفضل، أن تشمل الطريقة الخطوات الإضافية:
- ترتيب الوسيلة لإدخال وإخراج الحرارة في الغلاف الخارجي، وذلك باستخدام الفواصل والتركيبات الخارجية حسب الطلب، قبل الصب،
- 20 ملء الملاط أو خليط الخرسانة حتى يصل إلى مستوى محدد تتمدد عنده الأطراف أو الوصلات للوسيلة المذكورة على مدى الجزء العلوي للعنصر حيث يقف بشكل عمودي.
- ويفضل، أن تشمل الطريقة هز العنصر أثناء الصب، لتعزيز تدميج الخرسانة وإزالة فقاعات الهواء.

ويوفر الاختراع أيضاً استخدام عناصر الاختراع، لبناء، وزيادة أو خفض، أو إجراء الصيانة، لتخزين طاقة حرارية.

- وتسهل ميزة وجود غلاف خارجي مثل غلاف معدني، كونه قالب صب وتسليح مشترك فعالية التكلفة، وبساطتها، والإنتاج الضخم لعناصر قابلة للنقل بسهولة. ويفضل أن لا يحتوي العنصر على تصفيح أو تسليح إضافي، إلا من ألياف محتملة أو تجمعات خاصة في الملاط أو الخرسانة القابلة للصب، وتأثير التسليح المحتمل للمبادلات الحرارية المدمجة أو السخانات، حيث يبسط الإنتاج ويقلل التكلفة. ويتكون التصفيح أو التسليح وفقاً لذلك من الغلاف الخارجي. ويفضل أن يكون العنصر وبالتالي الغلاف الخارجي، له شكل دائري أو من حيث الجوهر شكل دائري، كما يري في المقطع العرضي، حيث يوفر هذا مقاومة حادة ضد التشقق التي يسببها حرارياً، مما يتيح درجات حرارة عالية جداً ونطاقات درجة حرارة عالية الفعالية جداً في التشغيل دون الإضرار بالعنصر. والغلاف الخارجي على شكل الحلقة له شكل مثالي لتناول توترات الحلقة كما تم تجربته من خلال تغير درجة الحرارة أثناء التشغيل لتخزين حراري يحتوي على عناصر الاختراع. ويفضل، أن يكون الغلاف الخارجي مثل قطاع لقناة تهوية، وغالباً ما يسمى أنبوب من نوع "سبيرو". وهو أنبوب ملفوف حيث يتم طي الشرائح المعدنية للفولاذ أو الألومنيوم و / أو صهرهم معا عندما يتم تشكيل الأنبوب عن طريق اللولبة. ويتم توفير غطاء سفلي أو علوي أو ما شابه ذلك، في الطرف الأدنى. ويجب أن تكون صلابة الغلاف، وبالتالي سماكته، كافية لتحمل الضغط الهيدروستاتيكي عندما يتم صب الملاط أو الإسمنت. وبدلاً من ذلك، يمكن استخدام أي قطاع أنابيب يكون قويا بما فيه الكفاية عند الصب والتشغيل أو يمكن أن تكون الشرائح المعدنية ملحومة أو موصولة بطرق أخرى. واللحام الكهربائي للشرائح عن طريق ترتيب الشرائح مع تداخل بين اثنين من أقطاب ضغط دوارة هو مثال لطريقة توصيل ممكنة بديلة. ومع ذلك، فإن ماكينات لف الأنابيب من نوع سبيرو أو قنوات التهوية متاحة تجارياً في السوق من قبل العديد من الموردين، ومثل هذه الآلات مفيدة لإنتاج الغلاف الخارجي لعناصر الاختراع.

- ويوفر الاختراع أيضاً تخزين طاقة حرارية، تتميز بأنها تشمل عناصر الاختراع وهي، مبيت معزول حرارياً، ويتم ترتيب العناصر داخل هذا المبيت، ووسائل لإدخال وإخراج الطاقة الحرارية. ويمكن أن يختلف عدد عناصر الاختراع في تخزين الاختراع على نطاق واسع، وهناك سمة واحدة مميزة وهي

- مدى سهولة زيادة أو خفض التخزين، عن طريق إضافة أو اقتطاع عناصر الاختراع، كونه من السهل تعامل الحجم والوزن مع رافعة موقع بناء. ويمكن أن يكون عدد العناصر في تخزين 2، 5، 10، 40، 100، 200 أو 500 وما فوق ذلك، وأي عدد صحيح فيما بينهم. ووفقاً لذلك، يمكن أن يتراوح العدد المذكور بين أقل من 10 إلى عدة عشرات الآلاف أو أكثر، اعتماداً على حجم كل
- 5 عنصر وسعة تخزين الطاقة الخاصة به، وسعة تخزين الطاقة المطلوبة لنظام التخزين كله. وكمثال على ذلك، قد يكون عنصر بطول 12 متراً وقطر 250 مم قادراً على تخزين 25-50 كيلو واط من الطاقة الحرارية أو أكثر، وكذلك TES بسعة 50 ميجاوات سيتطلب 1000-2000 من مثل هذه العناصر. وبالمثل، يكون التركيب، والصيانة، والإصلاح والاستبدال أمر سهل، عن طريق تثبيت، اقتطاع أو وضع عناصر الاختراع مع رافعة. ويمكن أن يتم ترتيب العناصر لتكون قائمة عمودياً، جنباً إلى جنب، كمجموعة أو أكثر من العناصر في تخزين حراري، أو تمتد وترص أفقياً كمجموعة أو أكثر من رصات العناصر في تخزين حراري. ويمكن ترتيب العناصر في تركيبة أو قالب أو مع عناصر وسيطة للرص، أو يمكن ترتيب العناصر مترابطة أو معبأة عن قرب، اعتماداً على الأداء المطلوب والتكامل في محطات الطاقة القائمة أو النظم والمصادر المتاحة للحصول على الطاقة. والنماذج مختلفة لها مزايا مختلفة. ومع ذلك، فهناك مجموعتان رئيسيتان من النماذج، ألا وهي مع أو بدون نقل حراري نشط ومائع تخزين في الحجم داخل التخزين، بين العناصر وداخل المبيت. ويكون النقل الحراري النشط ومائع التخزين المذكورين إما راكدين أو فعالين. والموائع الراكدة المذكورة هي موائع، مثل نפט حراري وملح منصهر أو معدن منصهر، أو مادة متغيرة الطور لمائع صلب phase change material (PCM). والموائع الحيوية المذكورة هي الغازات أو الموائع. ويمكن أن تكون التعبئة الوثيقة أو التعبئة وثيقة القرب لعناصر الاختراع ملائمة لمخازن الاختراع التي تحتوي على نقل حراري راكد أو مائع تخزين أو PCM. وتسمح ملائمة تعبئة العنصر بالتدفق حول العناصر، ويكون النقل الحراري نشطاً وحيوياً ومائع التخزين في الحجم داخل مبيت التخزين، وبين العناصر. وهذا يعني تدفق المائع من خلال التخزين الحراري، خارج وحول العناصر ولكن داخل المبيت، ومبيت التخزين له مدخل ومخرج لمثل هذا المائع. ويمكن أن يكون مثل هذا المائع النشط غازات ساخنة، مثل غاز العادم، والغاز المحترق، وغاز المداخن أو غازات ساخنة أخرى، حتى تصل درجة الحرارة إلى قابلية التحمل للغلاف الخارجي واختيارياً للمبادلات الحرارية المدمجة أو السخانات، مثل أن تصل إلى حوالي 1000-1200 م. ويمكن أن تستخدم
- 10
- 15
- 20
- 25

- زيوت نشطة ويمكن استخدام أملاح مذابة أو معادن نشطة. ويتحقق تدفق المائع النشط الحيوى حول العناصر في المبيت عن طريق تدفق الجاذبية أو التدفق الاضطرابى، أو كليهما. ويمكن تحقيق التدفق الاضطرابى، أو الحمل الحراري الاضطرابى، عن طريق ضخ منفصل أو ضغط أو الضغط المتأصل في الموائع كما تم تسليمها من المصدر. ويتم توفير أحد أو كلا من سعة التخزين الحرارى الزائدة ومعدل الانتقال الحراري الزائد للتخزين مع الانتقال الحراري ومائع التخزين
- 5 المذكورين داخل المبيت، بين العناصر والمبيت. وعلاوة على ذلك، يتم التسهيل لنماذج تخزين الحرارة مع مبادل حراري مدمج في بعض أو كل العناصر، التسخين، وتبخير المياه المحيطة أو غيرها من الموائع المحتملة من خلال المبادل الحراري، وهو مفيد لتوصيل المبادل الحراري مباشرة إلى توربين، مثل توربين بخاري. وللتبخير المباشر وعلى سبيل المثال الماء إلى بخار في العناصر، وعند اقتطاع الطاقة من التخزين، يفضل أن يكون تدفق المياه من خلال المبادلات الحرارية والتخزين مرتبا ليتصاعد تدريجيا أو بشكل متدرج، من عنصر إلى عنصر. وبالتالي يكون كل من التدفق في المبادلات الحرارية المدمجة وتأثير الانفصال نتيجة لقانون الجاذبية في الاتجاه المطلوب نحو الأعلى ونحو المخرج، ويفضل أن يكون المخرج من المبادلات الحرارية عند نقطة عالية من التخزين بينما يفضل أن يكون المدخل إلى المبادلات الحرارية عند نقطة منخفضة من التخزين.
- 10 15
- ويمكن أن يشمل عنصر الاختراع الحالى أي ميزة تم وصفها أو توضيحها في هذه الوثيقة، في أي تركيبة فعالة، وكل هذه التركيبة هي نموذج للاختراع. ويمكن أن يشمل تخزين الاختراع أي ميزة تم وصفها أو توضيحها في هذه الوثيقة، في أي تركيبة فعالة، وكل هذه التركيبة هي نموذج للاختراع. ويمكن أن تشمل طريقة الاختراع أي خطوة أو ميزة تم وصفها أو توضيحها في هذه الوثيقة، في أي تركيبة فعالة، وكل هذه التركيبة هي نموذج للاختراع.
- 20

شرح مختصر للرسومات

يتم توضيح الاختراع عن طريق خمسة أشكال، ومنها:

يوضح الشكل 1 عنصرا من عناصر الاختراع،

ويوضح الشكل 2 نموذجا آخر للاختراع،

ويوضح الشكل 3 طريقة واحدة ممكنة لأداء عملية الصب للاختراع،

ويوضح الشكل 4 نموذجاً آخر لعنصر من عناصر الاختراع، وأيضاً تفصيل لتخزين حراري

للاختراع يشمل عناصر الاختراع، و

يوضح الشكل 5 عنصراً من عناصر الاختراع مع صفوف متعددة للمبادلات الحرارية المدمجة.

5 الوصف التفصيلي:

- بالإشارة إلى الشكل 1، يوضح عنصر 1 مزدوج منحنى على شكل حرف U من الاختراع، في مقطع طولي ومقطع عرضي. ويشمل عنصر 1 التخزين الحراري وسيلة لإدخال وإخراج الحرارة 2، ووسط تخزين حراري صلب 3 داخل غلاف معدني خارجي 4 كونه يشمل قالب الصب وتسليح حلقى. والوسيلة لإدخال الحرارة هي أحد أو كلا من مبادلات حرارية أنبوبية ذات قطر صغير 2 وعنصر تسخين كهربائي E2، والوسيلة لإخراج الحرارة هي مبادلات حرارية أنبوبية ذات قطر صغير 2. وتشير السهام لتدفق مائع نقل الحرارة (HTF) heat transfer fluid إلى الداخل أو الخارج، ويوضح الشكل فواصل 5، و(اختيارياً) كلاً ب صلب 6 مفيد باعتباره مقبض رفع، وغطاء طرف صلب 7. ويسمى العنصر المزدوج المنحني على شكل حرف U بذلك لأنه يتم ترتيب اثنين من الانحناءات U5 على شكل حرف U بالتوازي ولكن على مسافة متباعدة في الخرسانة أو الحشو.
- 15 ويمتد كل مبادل حراري أنبوبى قطره صغير من فوق خرسانة العنصر، مع أطراف علوية تمتد خلال الخرسانة، إلى أو على مقربة من الطرف السفلي للعنصر، وحيث يتصل المنحني على شكل حرف U بقطاعين مستقيمين متوازيين. ويتم اتصال المنحنيات U5 عن طريق اللحام أو عن طريق وسيلة أخرى بقطاعات أنابيب رقيقة مستقيمة. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يكون أنبوب رقيق منحنى في شكل صحيح بشكل مستمر في مكنة ثنى، مثل مكنة ثنى-حشية، مع العديد من الانحناءات
- 20 وعدة قطاعات مستقيمة، ومع فقط الأطراف الختامية الممتدة حتى فوق الخرسانة. واختيارياً، يمكن أن يمتد واحد أو أكثر من الانحناءات العلوية فوق الخرسانة، لتعمل بمثابة عروات رفع. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يتصل اثنين أو أكثر من الانحناءات على شكل حرف U المدمجة بعنصر فى سلسلة. ويكون قطر الماسورة صغير بما فيه الكفاية لضمان التدفق المضطرب، ويوفر الترتيب

مسافة توصيل حرارى صغيرة ومساحة سطح كبيرة، وفي حين لا يزال يتم توفير صغير نسبيا، يمكن أن يرفع عنصر ضوئى ويتعامل مع رافعات بسيطة، والتي تعتبر نموذجا أفضل.

- وبالإشارة إلى الشكل 2، حيث يتم توضيح عنصر أنبوب في أنبوب للاختراع في مقطع طولي ومقطع عرضي. والعناصر المتشابهة أو المتطابقة لها نفس الأرقام المرجعية كما في الشكل 1. 5
- والوسيلة لإدخال وإخراج الحرارة في هذا النموذج هي أنبوب داخلي 12 مرتب في أنبوب خارجي O2، وهو ما يمكن ملاحظته بوضوح في الشكل. والأنبوب الداخلي 12 له طرف سفلى مفتوح، عندما يكون العنصر قائما بشكل رأسي، مثل أثناء الصب، و الطرف السفلى للأنبوب الداخلي لا يتم جلبه على طول الطريق وصولا إلى الطرف السفلى للأنبوب الخارجي O2. ويكون الطرف السفلى للأنبوب الخارجي مغلقاً، إما مقابل الغطاء الصلب L4 في الطرف السفلى للعنصر أو عن طريق غطاء منفصل أو غطاء 8. وبالمثل، يتم إغلاق الأنبوب الخارجي باتجاه الأنبوب الداخلي عند القمة 9. ويتم تزويد فواصل داخلية 15 وفواصل خارجية O5 لهذا النموذج، لتثبيت الأنبوب الداخلي والأنبوب الخارجي أثناء الصب، على التوالي. ويكون نموذج أنبوب داخل أنبوب قابل للتنفيذ حيث يكون الاجهاد الناجم حراريا نهائيا، مثل عند الأطراف النهائية لرصات العناصر في تخزين حراري كبير يضم العديد من العناصر متصلة في سلسلة. وتكون مساحة مقطع التدفق العرضى للأنبوب الداخلي والأنبوب الخارجي مع الأنبوب الداخلي المدرج، متشابهة أو متطابقة، أو يكون عدد رينولدز للأنبوب الداخلي والأنبوب الخارجي مع الأنبوب الداخلي المدرج متشابها أو متطابقا، ويتم توفير تدفق مضطرب، على العكس من حلول التقنية السابقة.

- ويوضح الشكل 3 طريقة الاختراع لبناء عنصرا من عناصر الاختراع. وبشكل أكثر تحديدا، يتم توضيح خطوة الصب، حيث يتم ملء الغلاف المعدني الخارجي، داخل وسيلة إدخال وإخراج الحرارة التي تم إعدادها بشكل صحيح (لا تتضح بصورة دقيقة)، بالملاط أو الخرسانة حتى يصل إلى المستوى المحدد P3 (يمكن رؤيته في الأشكال 1 و2) الذي عنده تمتد الأطراف أو الوصلات للوسيلة المذكورة على مدى الجزء العلوي للعنصر حيث يكون قائما بشكل عمودي. ومن الضروري في هذا الصدد استخدام الغلاف الخارجى كقالب صب وتسليح حلقى مشترك، بحيث لا يلزم وجود قالب منفصل وليس هناك حاجة لتسليح أو تصفيح إضافي. ووفقاً لذلك، يتم تجنب التكلفة والعمل مع قوالب صب منفصلة وتسليح منفصل، مما يساعد على تبسيط الطريقة وخفض 25

التكلفة. ويمكن استخدام المعدات النمطية لخلط وتسليم الخرسانة، وعلى سبيل المثال صومعة خلط جاف 10، خلط خرسانة إلزامي 11 ودلاء خرسانة 12 ليتم التعامل معها بواسطة رافعة (13) لعملية الصب. ويمكن استخدام ترتيبات موقع بناء بديلة، وعلى سبيل المثال ضخ الخليط الخرسانى في الأغلفة الخارجية، أو استخدام تغذية مشتركة وجهاز خلط، وعلى سبيل المثال لولبة أو ناقل التغذية والخلط، أو حزام ناقل. ويكون ارتفاع عنصر نموذجي، قائماً بشكل رأسي، هو 4-12م، وقطره النموذجي هو 0,20-0,35م. ووزن العنصر النموذجي هو 0,4-2 طن متري. ويكون زيادة أو خفض نطاق التخزين بسيطاً، وذلك بإضافة أو إزالة العناصر. ويكون استبدال العناصر التالفة بسيطاً باستخدام رافعة، مما يسهل عملية الصيانة. ويمكن أن يتم صب العناصر مباشرة حسب وضعها في تخزين الاختراع.

10 ويوضح الشكل 4 نموذج آخر لعنصر 1 من عناصر الاختراع، وتفصيل لتخزين حراري للاختراع يشمل عناصر الاختراع. وبشكل أكثر تحديداً، فإن العنصر، الموضح في المقطع العرضي C والمقطع الطولي L، له شكل مستطيل مسطح مثل شكل المقطع العرضي، مع جوانب قصيرة على شكل نصف دائرة، كما يُرى على منظر المقطع العرضي. وقد تم صب المبادلات الحرارية 2 في الخرسانة 3 في الغلاف الخارجى أو البطانة 4 وبالتالي تم دمجها. وفي تخزين حراري للاختراع، يمكن ترتيب العناصر فى اتجاه رأسي أو أفقي، أو فى اتجاه مائل. ويتم توضيح أيضاً تفصيل تخزين S للاختراع، مع تنظيم متداخل للعناصر لتحسين الانتقال الحراري لنقل حراري نشط حيويًا ومائع تخزين.

ويوضح الشكل 5 عنصر 1 للاختراع مع صفوف متعددة للمبادلات الحرارية المدمجة 2 داخل مستطيل مثل الغلاف الخارجي 4.

20 وتم تصميم عنصر الاختراع لأي درجة حرارة تشغيل تتراوح من تحت الصفر إلى 1000 م° أو أكثر. ويتم تحديد درجة حرارة التشغيل عن طريق خصائص المادة والمائع وتكييفها وفقاً لتطبيق معين من TES؛ عادة من 200-550 م° للتخزين الحراري المتصل بتوربينات بخارية أو دورات رانكين العضوية. ومع ذلك، إذا تم استخدامها لتسخين منطقة، أو أغراض تخزين تجميدى أو تكييف الهواء، يمكن أن تكون درجة الحرارة العنصر دون درجة التجمد، على سبيل المثال، -40 م°، أو أقل من 100 م°. وقد تتطلب درجات الحرارة المنخفضة للغاية مائع خاص للتداول في

25

الأنابيب لإدخال وإخراج الحرارة. ومن الجدير بالملاحظة أن المائع داخل المبادل الحراري لا يكون على اتصال مباشر بالخرسانة؛ وهذا يعني أنه لن يكون هناك أي مشكلة مع استخدام الموائع تحت الضغط أو الموائع مع التركيب الكيميائي التي يمكن أن تسبب الضرر للخرسانة ولوسيلة الانتقال الحراري.

عناصر الحماية

- 1- عنصر Element (1) لتخزين الطاقة الحرارية thermal energy storage حيث يكون تخزين الطاقة الحرارية thermal energy storage سهل التوسع عبر تكديس وجمع وترتيب مجموعة من العناصر بشكل متقارب، يتميز بأن العنصر يشتمل على: غلاف خارجي outer shell (4) ذو طرف مفتوح وآخر مغلق، ليكون قالب صب وعنصر تقوية مشترك، 5
- وسط تخزين حراري thermal storage medium صلب خرساني مقوى hardened concrete solid (3)، و مبادل حراري أنبوبي pipe heat exchanger (2)، للحرارة الداخلة والخارجة، يكون مدمجا في العنصر (1)، 10
- حيث يكون للمبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger (2) قطر أنبوب صغير بما يكفي لضمان تدفق قوي في ظروف التشغيل العادية، كما يتحدد عبر نطاق Re، أو عدد رينولدز، حيث يمتد مدخل إلى المبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger ومخرج منه من الخرسانة والغلاف الخارجي في طرف واحد فقط من العنصر، و حيث يملأ وسط التخزين الحراري الصلب الخرساني المقوى بشكل كامل حيزا داخل الغلاف الخارجي، بين السطح الداخلي للغلاف الخارجي والمبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger 15
- والتراكيبات، من الطرف السفلي المغلق للغلاف الخارجي إلى النهاية العلوية التي يمتد عندها مدخل ومخرج المبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger من الخرسانة، حين يرى العنصر وهو قائم في وضع رأسي.
- 2- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يكون الغلاف الخارجي غلafa معدنيا metal shell قطاعه العرضي له شكل دائري. 20
- 3- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1 أو 2، حيث تشتمل وسائل الإدخال الحراري على المبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger (2) أو عنصر التسخين الكهربائي electric heating element (2هـ)، ووسيلة إخراج الحرارة هي المبادل الحراري الأنبوبي pipe 25

heat exchanger (2)، وقد تم صب الوسائل المذكورة في الخرسانة المقواة وبالتالي تم دمجها في العنصر (1).

4- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث تمتد أطراف المبادل الحراري الأنبوبي

5 pipe heat exchanger من الطرف العلوي للعنصر فقط.

5- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل على مبادل حراري أنبوبي pipe

heat exchanger ذي قطر صغير، في شكل قطاع أنبوبي له طرف مفتوح وقطر أصغر يتم ترتيبه داخل قطاع أنبوبي ذو طرف مغلق وقطر أكبر.

10

6- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل على اثنان من القطاعات الأنبوبية

على شكل حرف U مرتبان على التوازي في مادة التخزين الحرارية الصلبة.

7- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يكون الغلاف الخارجي عبارة عن غلاف

15 من الصلب سماكة جداره حوالي 0.5 ملم، وتم لفه وتشكيله في شكل قطاع عرضي دائري من

قطع الصلب، مثل قناة تهوية، وله غطاء أو سداة سفلية، ووسط التخزين الحراري الصلب عبارة

عن مزيج من الخرسانة قابل للصب بسهولة وله سعة تخزين حرارية معززة، وقدرة معززة على

التوصيل الحراري ومقاومة معززة ضد التكسير الناتج عن الحرارة، مقارنةً بخرسانة البناء العادية.

8- الطريقة لبناء العنصر (1) وفقاً لعنصر الحماية 1، والتي تتميز بالخطوات:

20

ترتيب غلاف خارجي outer shell (4) في وضعية رأسية، بطرف علوي مفتوح وطرف سفلي مغلق،

ترتيب مبادل حراري أنبوبي pipe heat exchanger بقطر أنبوب صغير بما يكفي لضمان

تدفق قوي في ظروف التشغيل العادية، على النحو الذي يحدده نطاق Re، عدد رينولدز، لإدخال

25 الحرارة وإخراجها (2) في الغلاف الخارجي، والتركيبات، قبل الصب،

إفراغ مزيج الخرسانة (3)، وصولاً إلى مستوى محدد مسبقاً، حيث يكون الخليط الخرسانى (3) عبارة عن وسط تخزين حرارى صلب خرساني مقوى، والذي يملأ بشكل كامل حيزاً بين السطح الداخلى للغلاف الخارجى والمبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger والتركيبات، وحيث يتم ملء الطرف العلوي من الغلاف الخارجى بوسط التخزين الحرارى الصلب الخرسانى المقوى، وحيث يمتد مدخل ومخرج المبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger من وسط التخزين الحرارى الصلب الخرسانى المقوى للطرف العلوي.

9- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 8، والتي تشتمل كذلك على الخطوات: ترتيب المبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger فى الغلاف الخارجى (2)، باستخدام مبادعات وتركيبات خارجية، قبل عملية الصب، 10 إفراغ مزيج الخرسانة وصولاً إلى الحد المحدد مسبقاً والذي عنده تمتد الأطراف أو الوصلات للمبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger (2) أعلى قمة العنصر وهو قائم فى وضع رأسى.

10- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 8، والتي تشتمل على خطوة: هز العنصر أثناء الصب.

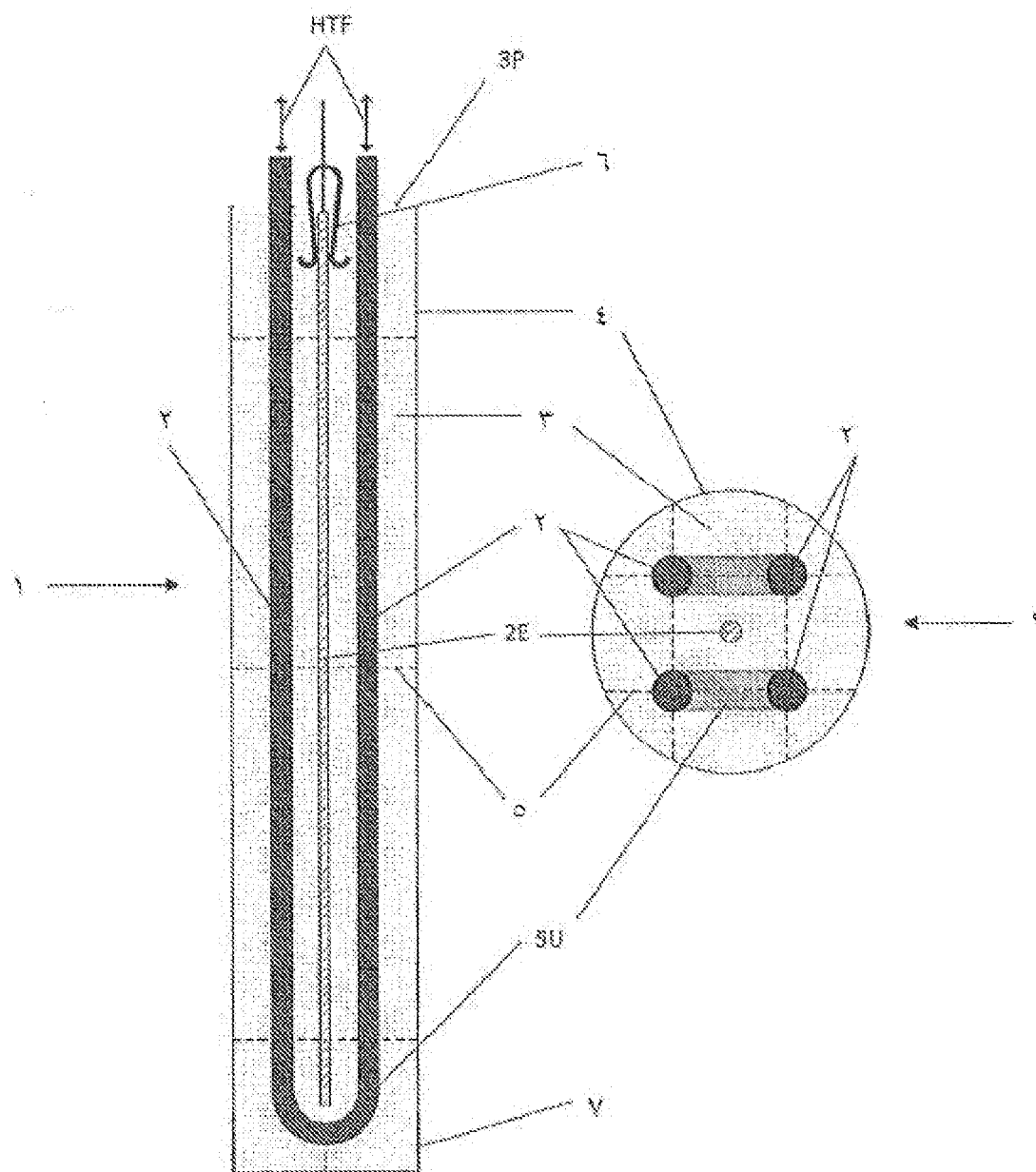
11- العنصر Element وفقاً لعنصر الحماية 1، للاستخدام فى بناء، توسيع أو تصغير، أو إجراء صيانة لخزان طاقة حرارية Thermal energy storage .

12- خزان طاقة حرارية Thermal energy storage ، يتسم بأنه يشتمل على عناصر وفقاً لعنصر الحماية 1، مبيت معزول حرارياً، حيث يتم ترتيب العناصر فى هذا المبيت، والمبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger (2) لإدخال وإخراج الطاقة الحرارية، حيث يتكون وسط تخزين الطاقة الحرارية thermal energy storage الصلب الخرسانى المقوى من مادة تخزين الطاقة الحرارية thermal energy storage الصلبة الخرسانية المقواة داخل مجموعة من العناصر وفقاً لعنصر الحماية 1، الخرسانة المقواة المذكورة فى كل عنصر يملأ حيزاً داخل الغلاف الخارجى بين السطح الداخلى للغلاف الخارجى والمبادل الحرارى الأنبوبى pipe heat exchanger والتركيبات، من الخرسانة المقواة المغلقة المملوءة فى الطرف السفلى للغلاف

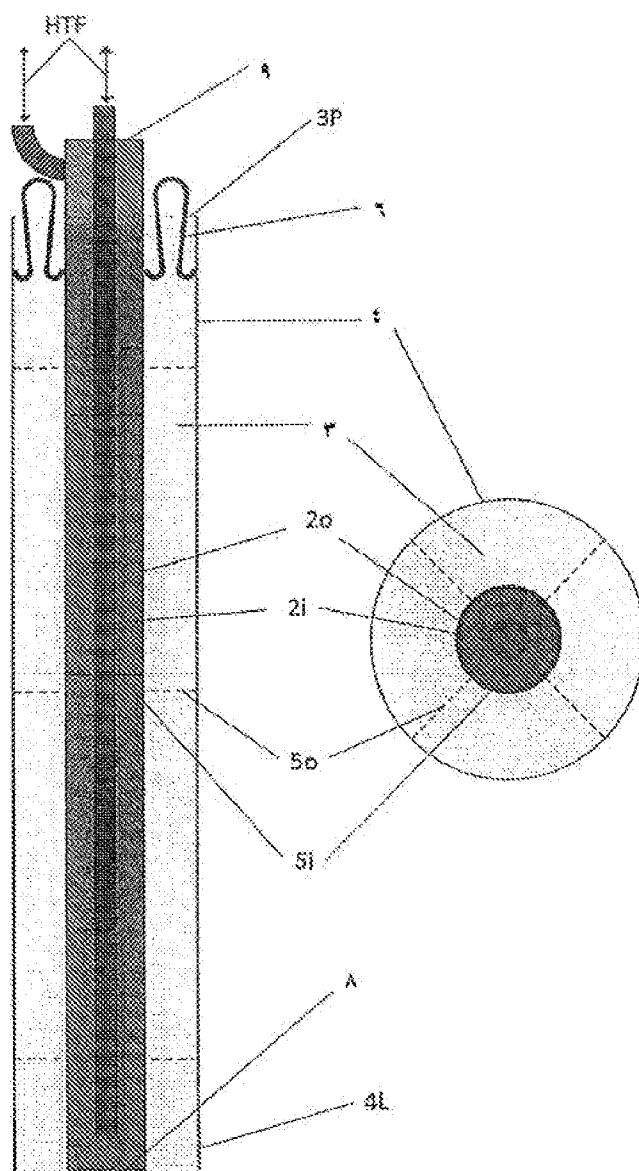
الخارجي إلى النهاية العلوية التي يمتد عندها مدخل ومخرج المبادل الحراري الأنبوبي pipe heat exchanger من الخرسانة المقواة والغلاف الخارجي في طرف واحد فقط من العنصر.

13- خزان طاقة حرارية Thermal energy storage وفقًا لعنصر الحماية 12، والذي يشتمل

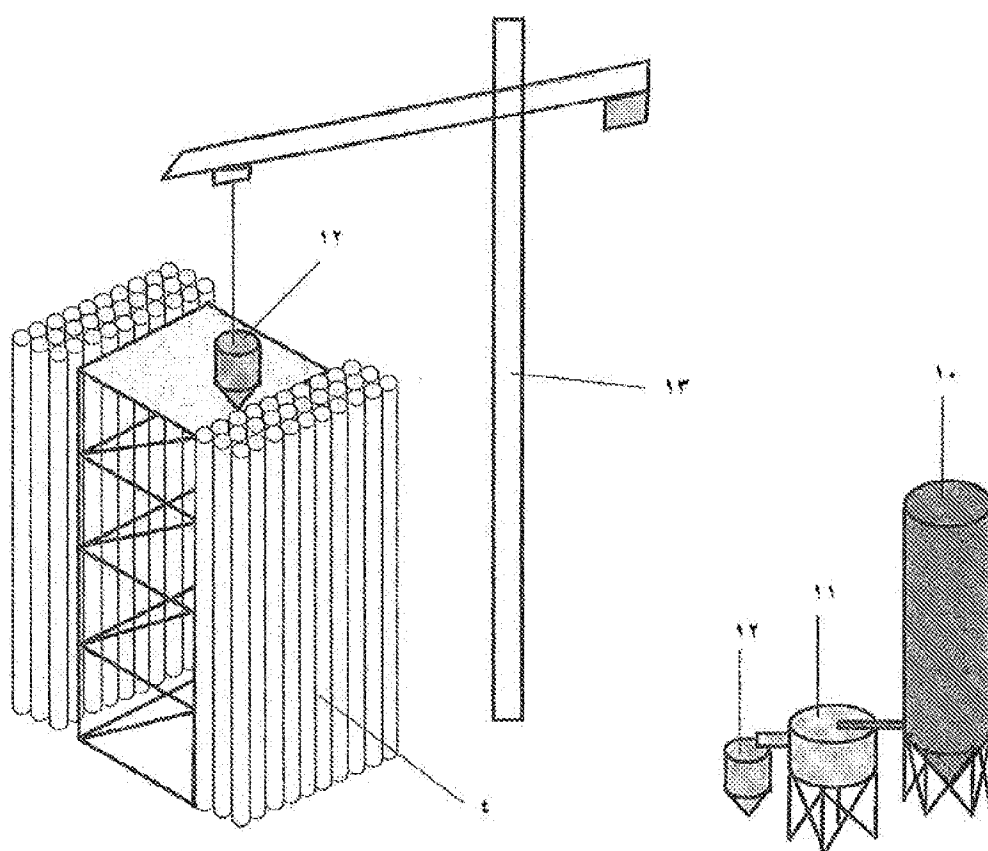
5 على مبادل حراري heat exchanger ومائع تخزين، أو مادة تغيير طور، مرتبة داخل مبيت الخزان، بين العناصر.



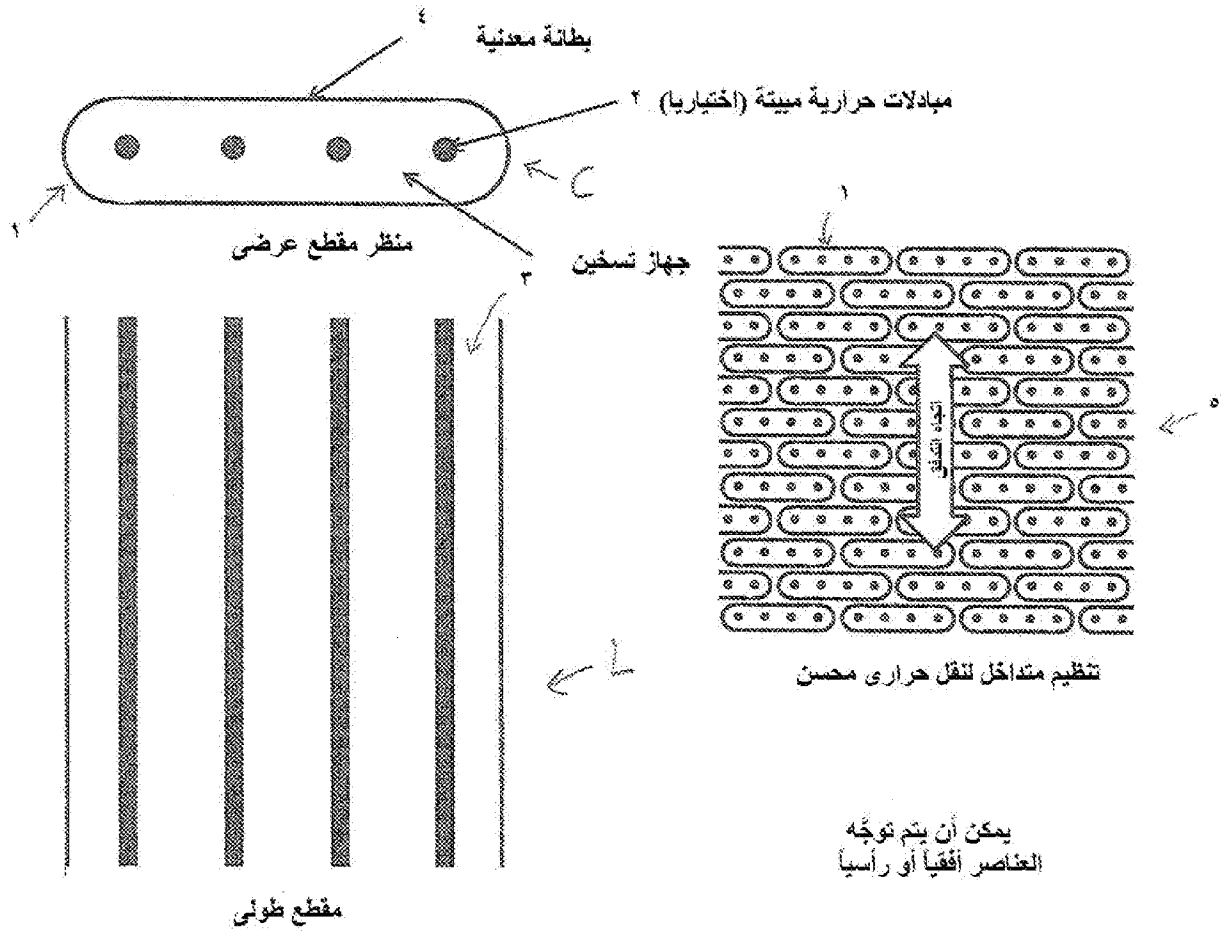
الشكل ١



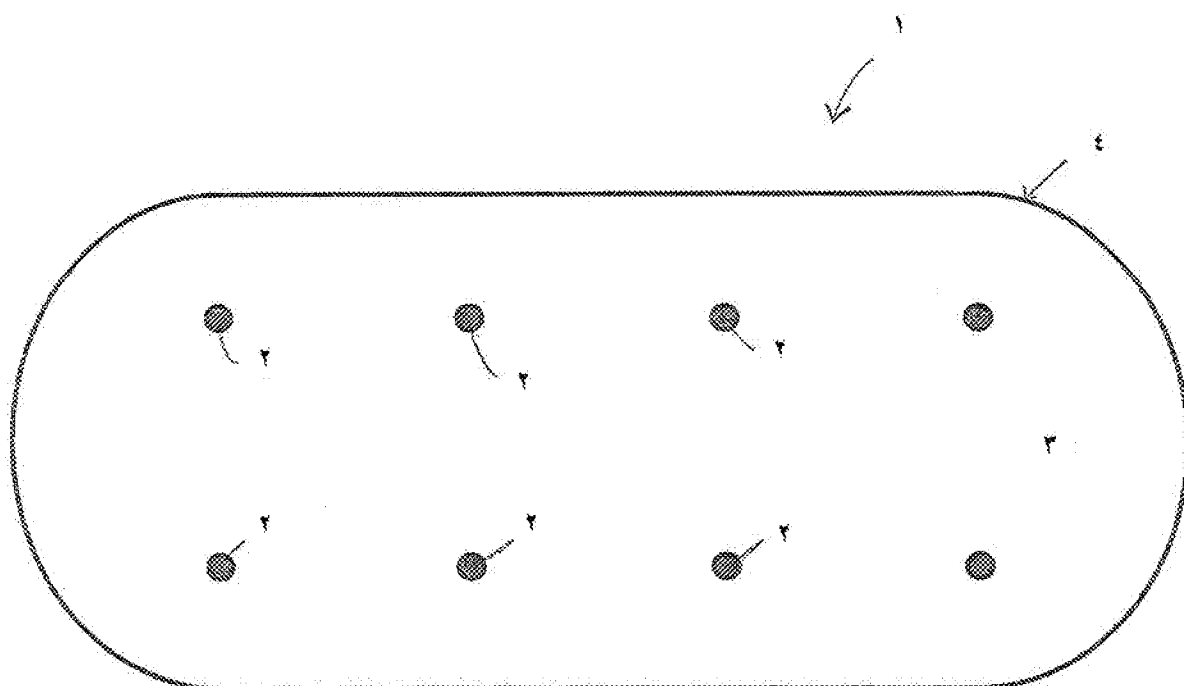
الشكل ٢



الشكل ٣



الشكل ٤



مثال لترتيب متعدد الصفوف

الشكل ٥



مدة سريان هذه البراءة عشرون سنة من تاريخ إيداع الطلب

وذلك بشرط تسديد المقابل المالي السنوي للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية أو لائحته التنفيذية.

صادرة عن
الهيئة السعودية للملكية الفكرية

ص ب ٦٥٣١ ، الرياض ١٣٣٢١ ، المملكة العربية السعودية

SAIP@SAIP.GOV.SA