



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34708 B1**
(43) Date de publication : **03.12.2013**
(51) Cl. internationale : **F24J 2/07; F24J 2/28;
F24J 2/48; F24J 2/46;
F03G 6/00**

-
- (21) N° Dépôt : **35959**
(22) Date de Dépôt : **05.06.2013**
(30) Données de Priorité : **06.12.2010 GB 1020625.8**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2011/071065 25.11.2011**
(71) Demandeur(s) : **ALSTOM TECHNOLOGY LTD, BROWN BOVERT STRASSE 7 CH-5400 BADEN (CH)**
(72) Inventeur(s) : **HISCHIER, Illias ; STEINFELD, Aldo ; SIMIANO, Marco**
(74) Mandataire : **SABA & CO**

-
- (54) Titre : **CAPTEUR SOLAIRE AMELIORE**
(57) Abrégé : La présente invention concerne un capteur solaire (100) présentant un élément de capture de rayonnement (3) autour duquel est formé un canal (8) à travers lequel un fluide actif s'écoule de telle sorte que l'énergie thermique de l'élément de capture de rayonnement (3) est absorbée par le fluide actif, le canal (8) étant conçu pour avoir une section transversale uniforme le long de sa longueur entre son entrée et sa sortie.

ملخص الاختراع

جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية (100) به عنصر لاقط للأشعة (3) عنده تتكون قناة (8) يمر خلالها سائل تشغيل حيث تمتص الطاقة الحرارية للعنصر اللاقط للأشعة (8) بواسطة سائل تشغيل، وتتشكل القناة لتوفر مساحة مقطعية موحدة على طول المسافة بين مدخلها ومخرجها.

03 DEC 2013

الوصف الكامل للاختراع

5

المجال التقني

يتعلق هذا الكشف بأجهزة استقبال أشعة شمسية الخاصة بالنقاط أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة حرارية لسائل التشغيل وتحديدًا لتحسين قناة التدفق في جهاز استقبال الأشعة الشمسية هندسياً لغرض خفض فاقد الضغط في سائل التشغيل.

10

خلفية

في مجال أنظمة توليد الطاقة يشتمل استخدام مصادر الطاقة المتجددة على تحويل الطاقة المستمدة من أشعة الشمس إلى عمل مفيد يمكن استخدامه لتوليد الطاقة مثل الكهرباء. وهناك طريقة يتحقق بها هذا التحويل الشمسي من خلال التسخين الشمسي لسائل التشغيل الذي يكون سائل أو غاز والذي يسيل بمجرد تسخينه ثم يستخدم لتشغيل بعض أشكال التوربينات لتوليد طاقة كهربائية. والأنظمة التي تعمل وفق هذا المبدأ قد تستخدم مجموعة كبيرة من المرايا المكافئة مرتبة بطريقة دقيقة حول جهاز استقبال الأشعة الشمسية لتعكس الأشعة الصادرة من الشمس على مساحة معينة في جهاز استقبال الأشعة الشمسية. وبهذه الطريقة يصل النظام إلى حالة يسمح فيها بتوجيه قدر كبير جداً من أشعة الشمس إلى جهاز استقبال الأشعة الشمسية أكبر منه في حالة تكبير جهاز الاستقبال أو بعض أشكال عدسات التركيز. وتتمثل العوامل الرئيسية لأجهزة الاستقبال في ما يلي: كفاءة التحويل بين الطاقة المستمدة من أشعة الشمس والعمل المفيد المُولد ومشكلات التبريد التي تشمل ضمان قدرة جهاز الاستقبال على تحمل درجات الحرارة المرتفعة التي يتعرض إليها بسبب أشعة الشمس المركزة وأيضاً المتانة الميكانيكية للنظام في مواجهة بيئات التشغيل مثل الصحراء والتي غالباً ما يحيط بها مشكلات مثل العواصف الترابية ونطاقات درجات الحرارة.

وهناك اثنان من أشكال أجهزة الاستقبال الشمسية وهي أجهزة الاستقبال المباشرة وغير المباشرة. وتسمح أجهزة الاستقبال المباشرة لأشعة الشمس أن تمر مباشرة عبر نافذة إلى سائل التشغيل الذي عادةً ما

يكون غاز كالهواء. في هذه الحالة، تعمل أشعة الشمس مباشرة على سائل التشغيل وتسبب ارتفاعاً في الطاقة الحرارية. وفي نظام جهاز الاستقبال غير المباشر، تُعاق الأشعة الشمسية عن الوصول إلى سائل التشغيل مباشرة من خلال مادة من نوع ما مثل سطح صلب، لامع عادةً. يتم تسخين هذا السطح الصلب من خلال الأشعة الشمسية ومن ثم يبادل حرارته مع سائل التشغيل عبر بعض أشكال النقل الديناميكي الحراري.

5

وقد ثبتت صلابة أجهزة الاستقبال غير المباشرة أكثر من المباشرة لأنها لا تتطلب وجود أي مواد شفافة يجب أن تمر أشعة الشمس من خلالها للوصول إلى سائل التشغيل. تلك المواد الشفافة قد تأخذ شكل نافذة من الكوارتز أو ما شابه، والتي تكون قادرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة لكنها على الرغم من ذلك تكون ضعيفة نسبياً في مواجهة العوامل البيئية مثل التراب والمخلفات، إلى جانب انتشار شقوق صغيرة تتشكل جراء ذلك عبر النافذة بينما ترتفع درجة حرارتها بما يؤدي إلى فشل نظام الاستقبال بأكمله. وعلى النقيض، يتميز نظام الاستقبال غير المباشر بأنه يتجنب أي حاجة إلى هذه العناصر الضعيفة نسبياً وإن كان ذلك على حساب انخفاض معدل نقل الطاقة من أشعة الشمس إلى سائل التشغيل.

10

وبمجرد أن يسخن سائل التشغيل بصورة مناسبة، قد يمر بعدها عبر بعض أشكال المبادلات الحرارية أو أنظمة الاحتراق لزيادة درجة حرارة سائل التشغيل وذلك لغرض الاستخدام مع نظام لتوليد الكهرباء مثل التوربينات الغازية المرتبطة بمولد كهربائي.

15

تعتمد كفاءة هذا النظام على مقدار الأشعة الشمسية الداخلة إلى جهاز الاستقبال والتي يتم التقاطها بكفاءة ونقلها إلى سائل التشغيل يتبعه كفاءة نقل هذه الطاقة إلى عمل مفيد لتشغيل المولد الكهربائي. هناك مشكلة قد تحول دون وصول أجهزة الاستقبال إلى الحد الأقصى من الكفاءة تتلخص في ارتداد الأشعة من السطح الصلب الخاص بجهاز الاستقبال إلى الجو، حيث تُفقد الطاقة المرتدة لغرض توليد الطاقة. ولهذا من المفيد توفير نظام يحد قدر الإمكان من درجة ارتداد الأشعة. هناك عامل آخر يتعلق بتعظيم كفاءة جهاز الاستقبال يتمثل في الحد من فقدان الطاقة الحرارية من سائل التشغيل إلى ما يحيط به قبل الوصول إلى النظام الفرعي الخاص بتوليد الطاقة. وحيث يتم ضغط سائل التشغيل، من الضروري توفير غالق حاكم للضغط حول القناة التي يتدفق سائل التشغيل خلالها، هذا الغالق الحاكم للضغط يصعب عمله في مواجهة درجات الحرارة العالية التي تصل إليها مكونات جهاز الاستقبال. وسيؤدي الضرر الذي يلحق بالغالق إلى حدوث تنفيس غير مرغوب فيه لسائل التشغيل الأمر الذي قد يؤدي إلى حدوث ضرر في جهاز استقبال الأشعة الشمسية ككل وفي النهاية ستقل كفاءة عملية نقل الحرارة.

20

25

وهناك مشكلة أخرى تؤثر على التشغيل الكفاء لأجهزة الاستقبال في وحدات توليد الطاقة الكاملة وتتمثل في فقدان الضغط في سائل التشغيل حيث يمر عبر جهاز الاستقبال. هذا الفقدان في الضغط يتحول إلى انخفاض عام في الكفاءة على مستوى الوحدة. ولذا يستلزم الأمر تقدم تقني للحد من فاقد الضغط.

ويهدف هذا الكشف إلى الحد من هذه المشكلات لتوفير نظام كفاء لاستقبال الأشعة الشمسية.

5 ملخص

يقدم أول جانب من جوانب هذا الكشف جهاز استقبال للأشعة الشمسية به عنصر لاقط للأشعة به فتحة لاستقبال الأشعة وقناة تدفق تتكون حول العنصر اللاقط والتي يتدفق سائل التشغيل خلالها بحيث تمتص الطاقة الحرارية للعنصر اللاقط بواسطة سائل التشغيل. تتشكل قناة التدفق لتأخذ شكل مساحة مقطعية موحدة تسمح بتدفق سائل التشغيل بين مدخل القناة ومخرجها.

10 ويفضل أن يتنوع سمك القناة، التي تكون عمودية على السطح الخارجي للعنصر اللاقط للأشعة، حسب الضرورة لتوفير المساحة المقطعية الموحدة.

كما يفضل أن يحتوي جهاز الاستقبال الشمسي على مخرج قناة لسائل التشغيل، ويوفر هذا المخرج نفس المساحة المقطعية التي توفرها قناة التدفق ليتدفق سائل التشغيل خلالها.

15 ويفضل أن تملأ القناة بمادة مسامية يتدفق خلالها سائل التشغيل، وتتصل هذه المادة المسامية بالعنصر اللاقط للأشعة، وفي القناة يمتص سائل التشغيل فقط جزء من الطاقة الحرارية المذكورة أعلاه عبر المادة المسامية. وتكون المادة المسامية عبارة عن فوم سيراميكي شبكي الذي تتناسبه مادة كربيد السيليكون.

20 ويفضل أيضاً أن يتم وضع المدخل إلى قناة التدفق بحيث تلمس سائل التشغيل على أطراف الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة بالقرب من فتحة استقبال الأشعة وبذلك يعمل تبريد أطراف الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة من خلال سائل التشغيل على خفض ارتداد أشعة الطاقة الملتقطة خارجة من الفتحة.

كما يفضل أن يتكون العنصر اللاقط للأشعة من تجويف اسطواني تكون نهايته المقابلة لفتحة استقبال الأشعة ذات قبة خارجية، وتتكون القناة حول القبة. ولتحقيق المساحة المقطعية الثابتة المطلوبة

لقناة التدفق حول القبة، يتغير سمك القناة بالنسبة لنصف قطر القبة بتغير زاوية الأشعة بالنسبة إلى المحور الطولي للتجويف.

وفي جانب آخر، يتكون جهاز الاستقبال الشمسي من مبيت للعنصر اللاقط للأشعة ويكون للعنصر اللاقط شفة ممتدة خارجاً لتثبيت العنصر حتى جزء من هذا المبيت بطريقة حاکمة للضغط.

5 ربما يتم تثبيت الشفة الممتدة إلى الخارج حتى الجزء الخاص بالمبيت من بواسطة مشبك ولتسهيل الإغلاق الحاكم للضغط قد يتم توفير حشية بين أحد أو كل من أ) الشفة والمبيت وب) الشفة والمشبك.

ويفضل أن يكون مسار تدفق سائل التشغيل في وضع مساس مع أطراف الشفة الممتدة خارجاً لتبريدها.

يفضل أيضاً أن يعمل مسار التدفق على توجيه سائل التشغيل لخلق تأثير طرفي مبرد موحد في الأساس على الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة وبذلك يخف الإجهادات المرتبطة بالتدرجات الحرارية.

قد يكون سائل التشغيل عبارة عن هواء أو هيليوم.

15 في جانب آخر، يقدم هذا الكشف نظام لتوليد الطاقة يتألف على الأقل من جهاز استقبال شمسي واحد كما وضحنا أعلاه، يقترن فيه المخرج أو كل مخرج من قناة التدفق حول العنصر اللاقط للأشعة بمكون لوحدة توليد الطاقة ملحقة مثل توربين غازي. وبدلاً من ذلك، قد يكون مكون وحدة توليد الطاقة الملحقة عبارة عن غرفة احتراق لإحداث مزيد من تسخين سائل التشغيل قبل مروره إلى توربين الغاز.

يجب توضيح أنه للحصول على مخرجات طاقة مرتفعة من وحدة توليد طاقة تعمل بالطاقة الشمسية، قد يتم وضع عدد من أجهزة استقبال الأشعة الشمسية المفردة لتغذية مخرجات سائل التشغيل بالتوازي مع مكون وحدة توليد الطاقة الملحقة.

سيتم شرح الأمثلة المجسدة فيما يتعلق بالرسومات المقترنة بها حيث:

الشكل 1 أ عبارة عن صورة جانبية مقطعية، لعناصر جهاز الاستقبال الشمسي المنتقاة وذلك بما يتفق مع الجانب الأول من هذا الكشف؛

الشكل 2 ب عبارة عن صورة من منظور تصويري لجهاز الاستقبال الخاص بالشكل 1 على نطاق أضيق؛

5 الشكل 2 أ عبارة عن صورة مقطعية منظورية لعناصر مختارة في الجزء الأمامي من جهاز الاستقبال الموضح في الشكل 1؛

الشكل 2 ب عبارة عن صورة جزئية لمكون في الشكل 2 أ يظهره من زاوية مختلفة؛

الشكل 3 عبارة عن صورة مقطعية منظورية لعناصر مختارة من جهاز الاستقبال الموضح بالشكل 1؛

10 الشكل 4 عبارة عن صورة منظورية للمقطع العرضي المحوري وفقاً لأحد جوانب هذا الاختراع.

وصف تفصيلي للأمثلة المجسدة (التجسيدات)

سيتم هنا شرح الأمثلة المجسدة لأجهزة استقبال الأشعة الشمسية بالتفصيل. ومن المفهوم أن الأمثلة

المجسدة هي مجرد نماذج للطريقة التي يمكن بها تطبيق جوانب محددة من هذا الكشف ولا تمثل قائمة شاملة لكافة الطرق التي قد يمكن اتباعها لتجسيد أجهزة استقبال الأشعة الشمسية. وفي الواقع، من المفهوم أيضاً أن أجهزة استقبال الأشعة الشمسية الموضحة هنا يمكن أن تجسد في أشكال متنوعة وبديلة. الأشكال ليست قياسية بالضرورة وقد تكون بعض السمات مبالغ فيها أو مقلد منها لإظهار تفاصيل مكونات بعينها. كما لم تُشرح المكونات أو المواد أو الطرق المعروفة بقدر كبير من التفاصيل لتجنب التعقيم على الكشف الحالي. ولا يجب تفسير أي تفاصيل هيكلية أو وظيفية موضحة هنا على أنها مقيدة لكنها مجرد أساس للإدعاءات وأساس تمثيلي لغرض توظيف هذا الكشف.

20

بالنسبة للشكل 1 والشكل 4؛ يرتبط جانب من جوانب هذا الكشف بجهاز استقبال شمسي غير مباشر

100 يتكون من عنصر أجوف لاقط للأشعة 3 يشكل جدار لتجويف C يتم استقبال الأشعة الشمسية داخله

من خلال فتحة لدخول الأشعة A. يتم وضع العنصر اللاقط للأشعة 3 بحيث يبادل الحرارة المولدة على

جدران العنصر اللاقط 3 بالأشعة الشمسية، مع مرور سائل تشغيل مضغوط مثل الهواء أو الهليوم عبر

25 قناة 8 تتشكل حول السطح الخارجي للعنصر اللاقط 3 وتُملأ بمادة مسامية مبادلة للحرارة P، كما نوضح

أدناه. يتم ضخ سائل التشغيل داخل القناة بالقرب من فتحة دخول الأشعة A ويتدفق على طول الطول

الخارجي للعنصر 3، الذي يمتص منه على الأقل جزء من الطاقة الحرارية قبل تدفقه نحو مخرج جهاز الاستقبال 100 إلى نظام توليد الطاقة.

عند استخدامه، يستقبل جهاز الاستقبال الشمسي 100 أشعة الشمس المنعكسة على صف من المرايا الموجهة آلياً والتي تبقى الأشعة المنعكسة مركزة على جهاز الاستقبال. ولزيادة عامل تركيز الأشعة، ومن ثم الفيض الحراري الداخل إلى العنصر اللاقط للأشعة 3، وأيضاً الكفاءة الحرارية، يتم وضع مركز شمسي ثانوي مثل مركز مكافئ مركب CPC في مقدمة العنصر اللاقط للأشعة. ومن هنا، على الرغم من أنه يبدو في الشكل 1 إلى 4 أن قطر الفتحة المستقبلية للأشعة A هو نفس قطر التجويف C، إلا أن أثناء تشغيل جهاز الاستقبال سيكون قطر D_{ap} الفتحة A أصغر من قطر D_{CAV} التجويف C، لأنه سيتحدد من خلال فتحة الخروج من CPC التي تقع مباشرة في مقدمة العنصر اللاقط 3، كما يوضح الرسم الظاهر في الشكل 5 وكما سيوضح أكثر أدناه. تستلزم المركبات CPCs وجود سطح عاكس إلى حد كبير وتعمل عادةً عند درجة حرارة 100 سيليزية وأدنى من ذلك. ويفضل استخدام التبريد المائي للحفاظ على استقرار درجة الحرارة ضمن هذا النطاق. وبعد التركيز بواسطة CPC، يدخل الفيض الشمسي الذي عادة ما يصل إلى 5000 كيلوات لكل متر مربع للتجويف 3.

تم تصميم شكل التجويف C ليعمل على خفض مقدار الطاقة الشمسية المفقود من خلال ارتداد الأشعة من الأسطح الداخلية للتجويف من خلال فتحة دخول الأشعة A، كما يقيد بها CPC. ويفضل أن يتم تكوين التجويف C بشكل اسطواني مغلق عند نهايته الخلفية وأن توجد فتحة دخول الأشعة A عند نهايته الأمامية، تحدد النهاية الأمامية والخلفية بالإشارة إلى الاتجاه العام لدخول الأشعة الشمسية إلى التجويف. تكون النهاية المغلقة للتجويف C مقببة الشكل، أي محدبة في اتجاه المؤخرة، ويفضل أن تكون نصف كروية، بحيث يوفر التجويف سطح داخلي مستمر ممتد من فتحة دخول الأشعة A. يعتبر الشكل الاسطواني مفيداً في أنه يساعد على امتصاص الأشعة الشمسية حول أي جزء حلقي من العنصر اللاقط للأشعة 3. كما أنه يساعد على تقليل إجهاد الشد بسبب حمل الضغط. وبالمثل، تضمن النهاية المقببة للتجويف C، قدر الإمكان، التوزيع المتساوي للطاقة الحرارية حول أي جزء حلقي من العنصر اللاقط للأشعة 3. ويفضل أن يتشكل العنصر 3 من مادة لا مسامية قادرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة التي تصل مثلاً إلى 1000 درجة سيليزية. يتم استخدام كربيد السيليكون الملبد SSiC حيث أنه قادر على تحمل درجة عالية من الإجهادات stresses الحرارية يعمل ذلك على تدعيم تحمل التجويف عند استخدامه، كما نوضح أدناه. إذا تم صنعه من SSiC يمكن صبه في قطعة واحدة، مثلاً من خلال الضغط

الساخن وتليبد بودرة SiC أو يمكن بدلاً من ذلك أن يتم تشكيله من واحد أو أكثر من المكونات. وتحديداً، إذا كان العنصر اللاقط مصنوعاً من مادة SiSiC (كربيد سيليكون غير مسامي متشرب بسائل السيليكون silicon infiltrated silicon carbide)، من الأفضل بناء العنصر من خلال صهر اثنان من المكونات سوياً بما يشكل جزء رئيسي اسطواني ونهاية مقببة. يفضل أن يكون لجدران العنصر 3 سمك حلقي موحد يتراوح بين 3مم و15 مم ويعتمد ذلك على ضغط التشغيل وخواص المادة. وفي الأساس، 5 تعطى الجدران الأقل سمكاً كفاءة أفضل وإجهادات حرارية مخفضة لكن اختيار السمك يعتمد على المفاضلة بين المتانة الهيكلية للعنصر 3 وسرعة نقل الطاقة الحرارية خلالها. فمثلاً، باستخدام مادة SSiC يقدر أن يكون السمك حوالي 5-7 مم كافياً لاحتواء ضغط يقدر بـ 10 ميجاباسكال.

يتم اختيار قطر الفتحة A، كما تقبده فتحة الخروج الخاصة بـCPC، ليكون كبير بالقدر الكافي ليستقبل كمية مرغوبة من الأشعة الشمسية داخل التجويف C بين الجدران الاسطوانية للعنصر اللاقط 3، 10 لكن ينبغي أن يكون صغير بالقدر الكافي لتقليل ارتداد الأشعة الملتقطة خارج الفتحة A. وعلى أي حال، قد يؤدي القطر الصغير للفتحة A إلى صعوبات إضافية تتعلق بتركيز أشعة الشمس داخل التجويف C، حتى على الرغم من الاستفادة من خفض ارتداد الأشعة الشمسية خارج الفتحة A. وبشكل عام، يجب اختيار الأبعاد المرتبطة بالعنصر اللاقط للأشعة بحيث تعظم مقدار الأشعة الداخلة للتجويف C، بينما تقلل 15 من مقدار الطاقة الشمسية المفقودة من التجويف وتعظم كفاءة نقل الحرارة من العنصر اللاقط 3 إلى سائل التشغيل في قناة التدفق 8. فعلى سبيل المثال، يناقش تطبيق براءة اختراع تحت الكشف مشابهة لكشفنا ومرجعها T10/035-0_GB of بنفس تاريخ التطبيق الحالي لبراءة الاختراع الخاصة بنا تعظيم الاستفادة من الفتحة وبعدها التجويف على أساس النسب. فتعتمد أبعاد التجويف المناسبة بشدة على مستوى قدرة جهاز الاستقبال، لكن أقصى قطر للتجويف يتقيد بعملية تصنيع العنصر 3 والفاقد المرتبط به في 20 المتانة بالنسبة لأبعاد أكبر. فمثلاً، بالنسبة لجهاز استقبال قدرته 100 كيلوات ربما يكون قطر التجويف C حوالي 300مم بطول 500 مم.

وتتغير الكفاءة الحرارية لجهاز الاستقبال الشمسي بتغير المعلمات التالية:

- قطر الفتحة D_{ap} للعنصر اللاقط؛
- القطر الداخلي D_{CAV} للعنصر اللاقط؛
- الطاقة الداخلة إلى العنصر اللاقط $q_{incident}$ ؛
- زاوية الفتحة θ (أي، زاوية دخول الأشعة للعنصر اللاقط من الـCPC)؛

- درجة حرارة T_{inlet} سائل التشغيل عند مدخل جهاز الاستقبال؛
- ومعدل التدفق الكتلي m لسائل التشغيل عبر جهاز الاستقبال الشمسي.

يمكن التعبير عن الكفاءة الحرارية $\eta_{thermal}$ لجهاز الاستقبال الشمسي باعتبارها نسبة الطاقة المنقولة داخل سائل التشغيل إلى الطاقة الشمسية الواقعة، كما يظهر في المعادلة التالية:

$$\eta_{thermal} = \frac{\dot{m} \left(h_{outlet} (T_{outlet}) - h_{inlet} (T_{inlet}) \right)}{q_{incident}}$$

5

حيث h_{inlet} و h_{outlet} هما المحتوى الحراري لسائل التشغيل عند المخرج والمدخل على التوالي و T_{outlet} هي درجة حرارة مخرج سائل التشغيل بعد امتصاصه للطاقة الحرارية من العنصر اللاقط للأشعة .3

- 10 نتحول الآن إلى الشكل 5 وإلى الجانب الخاص بالاستفادة القصوى من تصميم قناة التدفق 8 التي تحيط بالسطح الخارجي للعنصر اللاقط للأشعة 3. لقد ذكرنا بالفعل أن قناة التدفق تُملأ بمادة مسامية مبادلة للحرارة P. ويفضل أن يكون ذلك في شكل فوم سيراميكي شبكي RPC والذي يسمح بمرور سائل التشغيل خلاله والذي يوفر وسيلة لتبادل الحرارة بين السطح الخارجي للتجويف 3 وسائل التشغيل. يُفترض أن يكون سائل التشغيل، على سبيل المثال، هواء والذي سيمر بسهولة عبر مسام المادة P. وفي الشكل 4، يتضح أن المادة المسامية P تتكون من مجموعة من الكتل الحلقية ذات قطر داخلي يتفق مع 15 القطر الخارجي للعنصر الاسطواني اللاقط للأشعة، وكتلة قرصية الشكل موجودة في نهاية مصب القناة 8 وبالقرب من الطرف المقبب للعنصر اللاقط للأشعة 3. وعلى الرغم من سهولة تصنيعه، لم يتم تحسين هذا التصميم لخفض الفاقد في الضغط في سائل التشغيل المار عبر قناة التدفق 8.

- تعتبر المادة P المسامية RPC مادة فعالة في زيادة النقل الحراري الموصل والإشعاعي ونو الحمل الحراري من العنصر اللاقط 3 إلى سائل التشغيل على حساب انخفاض الضغط بسبب مقاومته للتدفق. ويعمل تحسين شكل قناة التدفق 8 وفقاً للكشف الحالي على الحد من انخفاض الضغط في سائل التشغيل. لفهم كيفية تحقيق هذا التحسين، نتحول الآن إلى الشكل 5. أولاً بفرض عمل تصميم تصوري تكون فيه المادة المسامية P، التي تملأ قناة التدفق 8 ولذلك تحدد أبعادها، ذات سمك ثابت t_{RPC} حول العنصر اللاقط 3، بما في شمل سمكها حول النهاية المقببة (النصف كروية). عند المدخل إلى قناة التدفق 8 وعلى

20

طول المدى الاسطواني للعنصر اللاقط 3، قد يكون لسائل التشغيل مساحة مقطعية (حلقية) متناقصة باقترابه من مخرج القناة outlet duct 74 جهاز الاستقبال 100. قد يكون ذلك صحيحاً إذا كانت المساحة المقطعية للمنفذ منقطة مع أقصى مساحة مقطعية لقناة التدفق، لأن قطر مخرج القناة outlet duct 74 الضروري لتحقيق المساحة المقطعية قد يكون أقل من قطر الجزء الاسطواني للعنصر اللاقط. هذا الانخفاض في المساحة المقطعية قد يؤدي إلى سرعات موضعية عالية في تدفق سائل التشغيل ولذلك ينخفض الضغط العالي مما يؤدي إلى حدوث فاقد كبير. يُترجم ذلك إلى كفاءة عامة منخفضة على مستوى الوحدة ككل، أي على اعتبار أن جهاز الاستقبال هو جزء من وحدة توليد للطاقة بها ضاغط لضخ سائل التشغيل عبر جهاز الاستقبال وتوربين غازي لاستخلاص العمل من سائل التشغيل المسخن.

لتخطي هذه المشكلة، يقترح أن يتم تشكيل قناة التدفق 8 بحيث تكون المساحة المقطعية المحلية ARPC local من منظور تدفق سائل التشغيل خلال القناة 8 ثابتة أساساً على طول قناة التدفق 8 بحيث يتدفق السائل قبل العنصر اللاقط 3 وداخل مخرج القناة outlet duct 74. ولتحقيق ذلك، يقترح أن يتتبع سمك tRPC قناة التدفق ليوفر مساحة مقطعية موحدة، مع وضع السمك tRPC في وضع عمودي على السطح الخارجي للعنصر اللاقط للأشعة.

يمكن تحقيق هذه المساحة الثابتة ARPC وفقاً للمعادلة التالية من خلال التغيير المناسب لنصف القطر الخارجي لقناة التدفق rRPC تبعاً لتغير قطر التجويف DCAV وسمك جدار التجويف tCAV وسمك القناة tRPC وزاوية الإشعاع نسبة إلى المحور المركزي الطولي للتجويف β كما يوضح الشكل 5.

$$r_{RPC} = \left[\frac{\left(\frac{D_{CAV}}{2} + t_{CAV} + t_{RPC} \right)^2 - \left(\frac{D_{CAV}}{2} + t_{CAV} \right)^2}{\sin \beta} + \left(\frac{D_{CAV}}{2} + t_{CAV} \right)^2 \right]^{0.5}$$

تفترض المعادلة السابقة أن التجويف 3 ينتهي بجزء نصف كروي تماماً.

علاوة على ذلك، يجب اختيار قطر المخرج Dexit لضمان تساوى المساحة المقطعية الثابتة ARPC لقناة التدفق 8 عند مدخلها مع المساحة المقطعية Aexit لمخرج القناة outlet duct 74. يمكن تحقيق ذلك من خلال المعادلة التالية:

$$A_{exit} = \pi \left(\frac{D_{exit}}{2} \right)^2 = A_{channel} = \pi \left(\frac{D_{CAV}}{2} + t_{CAV} + t_{channel} \right)^2 - \pi \left(\frac{D_{CAV}}{2} + t_{CAV} \right)^2$$

سيتم الآن توضيح فائدة المقترح السابق بأمثلة يتعرض فيها جهاز الاستقبال الشمسي إلى 100 كيلووات من الأشعة الشمسية المركزة ، مما يؤدي إلى تركيز متوسط لقوة الأشعة يبلغ 2000 كيلووات لكل متر مربع، والذي يدخل التجويف ويوزع بصورة موحدة داخله مع زاوية للفتحة تقدر بـ 60 درجة (زاوية الفتحة هي الزاوية التي تدخل بها الأشعة إلى العنصر اللاقط من الـ CPC). يدخل الهواء المضغوط إلى القناة 8 من جهاز الاستقبال 100 عند 200 درجة سيليزية، وضغط 10 بار ومعدل تدفق كتلي 75 جرام في الثانية بزاوية الدخول α تبلغ صفر (أي، يدخل الهواء إلى قناة التدفق بزوايا سليمة حتى سطح العنصر اللاقط للأشعة 3). ويفضل أن يبرد السطح العاكس لـ CPC بالماء حتى 300 درجة كلفينية K. وتتمثل الأبعاد الهندسية لجهاز استقبال الأشعة 100 فيما يلي:

قطر الفتحة A، D_{ap} تساوي 0.25 متر؛

قطر التجويف C، D_{CAV} تساوي 0.5 متر؛

طول التجويف C، L_{CAV} تساوي 0.5 متر؛

سمك العزل حول قناة التدفق 8 t_{INS} يساوي 100 مم؛

سمك جدار التجويف t_{CAV} يساوي 20 مم؛

وسمك قناة التدفق 8 t_{RPC} يساوي 10 مم.

15

الجدول الموضح أدناه يقدم بيانات في المثال الأول ("الحالة 1") وفيه تتكون القناة 8 بسمك ثابت t_{RPC} يبلغ 10 مم. كما يقدم بيانات تتعلق بالمثال الثاني ("الحالة 2") وفيها تتكون القناة 8 لتوفر مساحة مقطعية ثابتة للقناة A_{RPC} . في الحالة 2 تتناقص السرعة المحلية القصوى وأيضاً انخفاض الضغط الكلي لسائل التشغيل عند المخرج بواسطة عامل تقرب قيمته من 4 بالمقارنة مع الحالة 1. وتتخفف درجة حرارة المخرج هامشياً بمقدار حوالي 0,3% أي إنه غير متأثر تماماً.

20

الجدول 1 النتائج الرئيسية للحالة 1 و2

الحالة 1 (A_{RPC}) ثابتة	الحالة 1 (t_{RPC}) ثابتة
3,5	14

السرعة القصوى (متر/ثانية)

الانخفاض الكلي في الضغط

19,9 76,5 (ملي بار)

درجة حرارة الهواء عند

1107 1110 (سيليزية)

تتحقق الفوائد التالية من خلال تصميم قناة التدفق 8 بحيث يكون بها مساحة A_{RPC} ثابتة وبذلك تنخفض سرعة سائل التدفق بدرجة كبيرة ويتناقص الانخفاض في الضغط داخل جهاز الاستقبال الشمسي:

• السرعة المنخفضة إلى الحد الأقصى للتدفق خلال مادة P الـ RPC في قناة التدفق 8 والانتقال إلى مخرج القناة outlet duct 74 على يحدان من التدفق المضطرب مما يؤدي إلى تقليل اهتزاز جهاز الاستقبال الشمسي أثناء التشغيل.

• انخفاض الضغط المنخفض خلال مادة P الـ RPC والخسائر الطفيلية المنخفضة تؤدي إلى الحاجة إلى عمل أقل لضخ سائل التشغيل خلال جهاز الاستقبال الشمسي وبعد ذلك نحو باقى وحدة توليد الطاقة.

• لا يُعتقد أن تؤثر السرعة المنخفضة إلى الحد الأدنى للتدفق خلال مادة P الـ RPC عكسياً على الكفاءة الحرارية لجهاز الاستقبال إلى أي حد ذو دلالة ومن ثم يُترجم حمل الضخ الأقل إلى كفاءة عامة محسنة على مستوى الوحدة.

كما يبدو في الشكل 4، وكما يبدو في الرسم الموضح بالشكل 5، يتم دفع كمية من مادة العزل 31 حول القناة 8 من المادة المسامية المبادلة للحرارة P. هذا العازل يقي قدر الإمكان من فقدان الحرارة من القناة 8 وينبغي أن يتكون من مادة منخفضة التوصيل والنفاذية. ويفضل كما يتضح من الشكل 4، أن تملأ المادة العازلة المساحة المتبقية بين القناة 8 والمبيت الخارجي 10 لجهاز الاستقبال 100.

في أحد التجسيديات، صنعت المادة العازلة من ألياف $Al_2O_3-SiO_2$ (سيليكات الألومونيوم). إنها لمادة ذات مسامية عالية نسبة مساميتها إلى 80-95% (تعرف المسامية بأنها (حجم الفراغ) (الحجم الكلي)). ويكون قطر الألياف صغير جداً ويكون في حدود 1-10 ميكرومتر، الأمر الذي يؤدي إلى مسار

متعرج لسائل التشغيل مما ينتج عنه نفاذية أقل في حدود $10^{-10} m^2$. وحيث أن نفاذية المادة العازلة أقل من نفاذية الفوم السيراميكي الشبكي المسامي ($10^{-7} m^2$) يتدفق سائل التشغيل بشكل أساسي (>99%) خلال الفوم السيراميكي المسامي وليس داخل المادة العازلة حيث أن المقاومة عبر الفوم السيراميكي المسامي تكون أقل بالمقارنة مع المقاومة عبر العازل.

- 5 لزيادة نسبة النفاذية بين العزل والفوم السيراميكي الشبكي، ومن ثم منه سائل التشغيل من دخول العزل من الممكن عمل العزل من مادة كثيفة، مثلاً الألومينا الصلبة Al_2O_3 على حساب التوصيلية الحرارية المرتفعة. ولتحقيق كلتا الميزتين، نسبة النفاذية المرتفعة والتوصيلية الحرارية المنخفضة، من الممكن أيضاً أن يستخدم العزل الليفي بتوصيلية حرارية منخفضة وإضافة طبقة من العزل الكثيف بنفاذية منخفضة لفصل العزل الليفي عن تدفق الغاز. ويمكن أن تكون الطبقة المضافة من أسمنت سيراميكي اعتماداً على المواد السيراميكية ذات الحرارة المرتفعة (مثل، Al_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2) أو مباشرة من خلال هيكل جدارى سميك من مادة سيراميكية مصنوعة من Al_2O_3 or ZrO_2 على سبيل المثال.

- ويتكون المبيت 10 من صفيحة الفتحة الدائرية 6 وصفيحة لفاقية fascia 1، ويتكون كلاهما من الصلب، والذي يحدد فتحة 60 تتغير من قطر أكبر في السطح الخارجي للصفحة اللفاقية (إن وجدت) إلى قطر أصغر في سطح صفيحة الفتحة 6 المجاورة للفتحة A الخاصة بالعنصر 3. وعند الاستخدام، تربط صفيحة الفتحة 6، أو الصفيحة اللفاقية 1 إن وجدت بـ CPC كما يظهر من الشكل 5، والتي تجمع الأشعة من المرايا الشمسية وتوجهها إلى التجويف C عبر الفتحة 60. يتم ضبط محاذاة وحجم الفتحة 60 لتتناسب مع الفتحة الأمامية للتجويف C. وتعمل الحشية الحاكمة للضغط 4 على إغلاق الوصلة بين صفيحة الفتحة 6 والشفة الممتدة خارجاً 3a للعنصر اللاقط للأشعة 3.

- وتكون الصفيحة اللفاقية 1 ضرورية فقط إذا لم تكن الأشعة الشمسية مركزة تماماً داخل الـ CPC. ومن ثم، إن وجدت، تعمل كمانع ضد تسرب الأشعة، أي الأشعة الصادرة من المرايا الشمسية التي لا تركز على أكمل وجه على فم الـ CPC. ولهذا الغرض، يتم تبريد الصفيحة اللفاقية من خلال دوائر مبردة 2 موجودة في مقدمة سطحها، حيث تتكون هذه الدوائر 2 من أنابيب صغيرة مجوفة مكونة من مادة موصلة للحرارة مثل النحاس. ويتم ضخ سائل مبرد، كالماء، عبر الدوائر المبردة 2 لإبعاد الحرارة التي تتراكم في الصفيحة اللفاقية 1 وصفيحة الفتحة الأساسية 6. ومن المفيد إبعاد هذه الحرارة عن صفيحة الفتحة 6 الخاصة بالمبيت لتجنب تشويهه بفعل الحرارة.

ولتسهيل تصنيعه، كما يتضح من الشكل 4 يتكون المبيت 10 الخاص بجهاز الاستقبال 100 من اثنين من الأجزاء الأساسية، مكون المبيت الأمامي 19 ومكون المبيت الخلفي 20، واللذان يثبتان سوياً عند شفاة التثبيت الحلقية 12 و 21 على التوالي، مع حشية حلقية غالقة حاكمة للضغط 13 بينهما. مكوني المبيت 19 و 20 يحددان بينهما مساحة داخلية والتي يتم ضبطها لتستقبل العنصر اللاقط للأشعة 3، والقناة 8 المحيطة بها ومخرج القناة 74 لسائل التشغيل وكمية العزل لتقليل الفاقد الحرارى من القناة 8 ومخرج القناة 74.

في المثال الموضح بالشكل 1 أ و 4، يستقبل جزء القناة ذو الشكل القمعي 76 سائل التشغيل الساخن من مادة P فوم الRPC في نهاية مصب القناة 8 ومخرج القناة 74 ثم تنقله إلى الوحدة التي يمكنها فيها استخدام طاقته مثل توربين الغاز. يتم وضع الجزء الخاص بمخرج القناة 74 في مكون المبيت 20 وجزء المصب الخاص بمخرج القناة 74 في امتداد اسطواني 22 لمكون المبيت 20. ويفضل أن ينتهى مخرج القناة 74 والامتداد 22 عند تجهيزات الربط الخاصة بالمخرج (غير ظاهر) لربطه بمدخل لنظام منتج للطاقة مثل توربين الغاز. وكما وضحنا سابقاً فيما يتعلق بالشكل 5، ويفضل أن يتم تحسين انتقال قناة التدفق 8 إلى مخرج القناة 74 من خلال الحفاظ على مساحة تدفق ثابتة لتقليل الفاقد في الضغط في تدفق سائل التشغيل خلالها.

15 ويفضل، لسهولة تصنيع مكونات المبيت 19 و 20 والامتداد 22، أن تصنع جميعها من صفائح الصلب. ويفضل أن يثبت الامتداد 22 عند الجزء الخاص بالمبيت 20 عن طريق اللحام على الرغم من أن أي وسيلة قوية مناسبة أخرى للتثبيت تعمل على صنع غالق بين المكونات قد تكون مناسبة.

يتكون جهاز الاستقبال الشمسي 100 أيضاً من مجموعة من نقاط الدخول التي يمكن من خلالها إدخال أجهزة استشعار لمراقبة حالة جهاز الاستقبال 100. على سبيل المثال، أول نقطة دخول 25 قد توفر وسيلة لإدخال ازدواج حراري داخل امتداد المبيت 22، لقياس درجة حرارة سائل التشغيل عند المخرج على العكس قد تسمح نقطة الدخول الثانية 26 بقياس درجة الحرارة الخارجية للعنصر اللاقط للأشعة 3.

قد يوجه سائل التشغيل المار عبر قناة التدفق 8 داخل جهاز الاستقبال 100 خلال واحد أو أكثر، مثلاً ثلاثة، من قنوات التدفق 70 (انظر الشكل 4) بشرط أن، في صفيحة الفتحة قرصية الشكل، يتم تغذية كل منها عن طريق أنبوب دخول 41 يمكن توصيله بمصدر لسائل التشغيل المضغوط. ويفضل أن يوجه

كل أنبوب دخول 41 داخل تجويف خارجي حلقي 72 يوجد عند حافة صفيحة الفتحة 6 لجهاز الاستقبال 100 كما يفضل أن تكون أنابيب الدخول 41 على مسافات متساوية من بعضها البعض حول التجويف الخارجي الحلقي 72. وقد يأخذ مصدر سائل التشغيل المضغوط شكل، مثلاً، نظام ضخ أو خزان للضغط. وقد يتم تثبيت أنابيب الدخول 41 بصفيحة الفتحة 6 من خلال اللحام مثلاً لتوفير غالق محكم جيد للضغط.

5 وكما يتضح في المقطع العرضي في الشكل 4، تتكون كل قناة تدفق 70 من تجويف يمتد عبر صفيحة الفتحة 6 وينتهي عند فتحة 50 والتي تظهر في الشكل 2 و3 بصورة أفضل. كل فتحة 50 تفتح داخل تجويف دائري داخلي لصفيحة الفتحة 6، والذي يكون غرفة 62 تقع بين صفيحة الفتحة 6، وحلقة التثبيت 7 والعنصر اللاقط للأشعة 3، كما سنوضح بمزيد من التفاصيل أدناه.

10 في التجسيد الموضح، تقع كل فتحة 50 في ركن التجويف المكون من خلال تقاطع الجدار الجانبي الاسطواني 64 للتجويف وسطحه الطرفي الحلقي 65. وبهذه الطريقة، يوفر جزء الفتحة الواقع على الجدار 64 مع جزء الفتحة 50 الواقع عند السطح الطرفي 65 مساحة مقطعية كبيرة بصورة مناسبة لتيسير تدفق كافي لسائل التشغيل خلالها.

15 وتتكون الفتحة 60 مركزياً في صفيحة الفتحة 6 ويكون لديها حافة مشطوفة 66 بزاوية بحيث تضيق الفتحة 60 عندما تقترب من الفتحة A للتجويف C. وعند قطرها الأصغر، يتم ضبط حجم الفتحة 60 لتتناسب مع فتحة تكونت في الحشية 4، وتقع بين صفيحة الفتحة 6 والشفة الممتدة خارجاً 3a للعنصر اللاقط للأشعة 3، انظر الشكل 3.

20 يتم إحداث تباعد متساوي بين عدد (مثلاً، 12) من التجاويف المترابطة المسدودة حول صفيحة الفتحة 6 بإزاحة قطرية radial ثابتة عن الجدار الداخلي 64 لاستقبال مجموعة المسامير 56 أو ما شابه لتثبيت المشبك 7 عند الجزء الخلفي من صفيحة الفتحة 6، مع توفير تجاويف مناسبة للمشبك 7 لغرض استقبال سيقان المسامير 56. يتم اختيار مواقع هذه التجاويف بحيث يتم تجنب اختراق قنوات التدفق 70 التي تمر عبر صفيحة الفتحة 6.

25 وكما وضحنا في الأشكال 2A و2B و3، المشبك 7 هو عبارة عن حلقة ذات قطر خارجي D وتجويف داخلي 71 قطره d. وقد تم تعديله من خلال (أ) تشكيل تجويف غاطس قصير 68 قطره d^1 في الجانب الأمامي من المشبك 7، ويكون d^1 أكبر من d، وذلك لعمل شفة ممتدة إلى الداخل 69 و(ب) تشكيل عدد من (مثلاً، ستة) التجاويف أو الغرف متساوية التباعد 54 داخل الوجه الأمامي للشفة 69.

- وتكون الغرف 54 بشكل عام مستطيلة أو مربعة عند رؤيتها من أعلى وتكون عند جوانبها الداخلية مفتوحة على التجويف الداخلي 71 للمشبك 7. كما يتضح في الشكل 3 و4، عند تثبيت المشبك 7 مع صفيحة الفتحة 6، تعمل الغرف 54 على التوصيل بين الغرفة 62 وقناة التدفق 8 التي تحيط بالعنصر اللاقط للأشعة 3 في مقابل الوجه الخلفي لصفيحة الفتحة، مع كون الفتحات A و60 متناسبة مع بعضها البعض. ويتم ترتيب الغرف 54 بحيث تكون كل فتحة 50 على بعد متساوي في صفيحة الفتحة 6 من 5 الغرف المجاورة 54. تتمثل فائدة هذا الترتيب المتساوي في أنه يمكن تدفقات سائل التشغيل من أن تكون مشتركة بالتساوي بين الغرف 54. وفي التجسيد الموضح، على سبيل المثال، تتكون صفيحة الفتحة 6 للمبيت من ثلاثة فتحات 50 ويوفر المشبك 7 ستة غرف 54، مع كون كل فتحة على بعد متساوي من غرفتيها المجاورتين 54.
- 10 ويتكون المشبك 7 من مادة قادرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة. هذه المادة قد تكون مادة الانكونيل Inconel®: وهي سبيكة فائقة مصنوعة من النيكل كروم الأوستنيتي. وتكون سبائك الانكونيل مفيدة تحديداً في تطبيقات درجات الحرارة المرتفعة حيث أن درجة ذوبانها تكون عند 1300 درجة سيليزية.
- توضع الحشية 4 لضمان إحكام الضغط بين السطح الأمامي لشفة 3a العنصر 3 والسطح الخلفي لصفيحة الفتحة 6. ويفضل أن تتكون الحشية من مادة الجرافيت بسبب مقاومتها لدرجة الحرارة المرتفعة ولأن قابليتها العالية للانضغاط تمكننا من إحكام الغلق عند درجات حرارة مرتفعة. توضع حشية أخرى 5 بين الجزء الطرفي لشفة 3a العنصر 3 والوجه الأمامي لشفة 69 المشبك 7. لهذه الحشية 5 نفس القطر الخارجي الخاص بالحشية 4، لكن قطرها الداخلي أكبر. وفي المثال الموضح، تمتد الحشية 5 عبر أجزاء الغرف 54 المكونة في الشفة 69 الخاصة بالمشبك 7، لكن دون إعاقة تدفق سائل التشغيل لأن القطر الخارجي للحشية 5 يقل عن قطر تجويف 68 المشبك 7.
- 20 وكما وضحنا في تطبيق براءة اختراع مشابهة لكشفنا ومرجعها T10/035-0_GB بنفس تاريخ التطبيق الحالي لبراءة الاختراع الخاصة بنا، تتحسن الكفاءة الحرارية للعنصر اللاقط للأشعة عندما تكون نسبة قطر الفتحة A للعنصر اللاقط للأشعة إلى قطر الجدران الاسطوانية للعنصر اللاقط بين 0,3 و0,7 تقريباً ويفضل أن يكون حوالي 0,4 و 0,65 أو تقريباً 0,5. يمكن تحقيق هذه النسب من خلال ترك CPC (الشكل 5) يحدد فتحة استقبال الأشعة A للعنصر اللاقط. وحيث يقل D_{ap} / D_{CAV} عن قيمة 1، 25 تتخفض شدة الأشعة الواقعة على جدار العنصر اللاقط بالقرب من الفتحة A للعنصر اللاقط للأشعة 3

وبذلك تقل إجهادات الشد عند أجزاء الاتصال للعنصر اللاقط للأشعة 3 و صفيحة الفتحة 6 للمبيت بما يساعد على الحفاظ على الغالق الحاكم للضغط بينهما.

- يوضح الشكل 3 المجموعة الكاملة والتي تشمل كل من صفيحة الفتحة 6 والحشية 4 والعنصر اللقط للأشعة 3 والحشية 5 والمشبك 7. ومن ثم تجمع هذه المجموعة الخاصة بالتقاط الأشعة بالمبيت 10 ومكوناته المرتبطة به، بحيث تصبح الفتحة 6 جزء من المبيت. يتحقق ذلك من خلال وضع العنصر 5 اللاقط للأشعة 3 داخل تجويف تكميلي في المادة المسامية P بما يكون القناة 8 كما يتضح من الشكل 4. كما يتناسب المشبك 7 مع التجويف المكون في السطح الأمامي للمادة العازلة 31. ومن هنا، فإن المجموعة اللاقطة للأشعة الموضحة بالشكل 3 تكمل الجزء الأمامي من مجموعة المبيت. ولتثبيت صفحة الفتحة 6 بالجزء الأمامي من المبيت 19، تمر مجموعة المسامير 59 أو ما شابه عبر مجموعة (مثلاً، 12) من الثقوب/التجويفات متساوية البعد 58 في شفة طرفية لصفحة الفتحة وتدخل في التجاويف المترابطة المسدودة المناسبة لها في الشفة 11 الخاصة بمكون المبيت الأمامي 19. وتوضح حشية أخرى من الجرافيت 9 بين صفيحة الفتحة 6 والشفة 11.

- توضح الأشكال 3 و 4 مسار التدفق لسائل التشغيل المضغوط من أنابيب الدخول 41 حتى مخرج القناة 74، عبر التجاويف 70 في صفحة الفتحة 6 والغرف 62 و 54 والمادة المسامية P في القناة 8. يعمل سائل التشغيل على زيادة درجة الحرارة من خلال نقل الحرارة من هيكل المادة المسامية P. يعمل هذا النقل الحراري على تبريد المادة المسامية، التي بدورها تمتص الحرارة من سطحها المتصل بالعنصر اللاقط للأشعة 3. أثر التبريد على العنصر 3 يكون أكبر ما يمكن بالقرب فتحة استقبال الأشعة A، حيث يكون الفارق في درجة الحرارة بين سائل التشغيل والعنصر 3 أكبر ما يمكن. فعلى سبيل المثال، قد يتم ضغط سائل التشغيل حتى ما يقرب من 10 ميجاباسكال وهو مستوى متوسط من الضغط يفيد في تشغيل توربين غاز بسيط. وعند هذا المستوى وأيضاً عند درجات حرارة وقيم للضغط أعلى من ذلك يصبح من الصعب الحفاظ على الغوالق الحاكمة للضغط بين العنصر 3 والهيكلي المجاور له في جهاز الاستقبال. وهذا من الضروري تثبيت الشفة 3a الخاصة بالعنصر 3 باستخدام حشيات من الجرافيت بالطريقة الموضحة أعلاه والتي تتميز بأنها تسمح بالتوسع الحراري الطولي للعنصر 3 أثناء الاستخدام كما تسمح بتوسع حراري إشعاعي محدود للشفة 3a دون التأثير على الغلق بالحشيات 4 و 5. والانتشار الحراري المحدود للشفة 3a، حيث ترتفع درجة حرارتها، يمكن تيسيره من خلال وضع طلاء معروف مقاوم للالتصاق درجة حرارته مرتفعة على الحشيات لخفض معامل احتكاكها. ومع ذلك، من الضروري أيضاً

أن نذكر أن المساس بسائل التشغيل على أطراف الشفة 3a ومروره عبر غرف متعددة 54 وتحت السطح الخلفي للشفة 3a ومساسه الناتج عن ذلك بالجزء الأمامي من السطح الخارجي للعنصر اللاقط للأشعة 3، كلها أكوور تخلق أثر تبريد موحد على أطراف الشفة 3a وعلى أطراف العنصر 2 وبذلك تتخفض درجة حرارة القسم الأمامي من العنصر 3 بدرجة كبيرة. لا يعمل ذلك فقط على خفض الإجهادات الحرارية والميكانيكية في الشفة 3a بل أيضاً يحد من فقدان الأشعة عبر الفتحة A.

5

ومن المتصور أن يتجه سائل التشغيل، بعد تسخينه عبر مروره خلال المادة المسامية في القناة 8 وخروجه من جهاز الاستقبال 100 عبر مخرج القناة 74، مباشرة إلى نظام توليد الطاقة. ومن ثم يمكن أن يوجه مباشرة إلى توربين غازي أو نظام احتراق لتسخينه أكثر قبل تمريره إلى توربين الغاز. وبعد توربين الغاز، يمكنه مبادلة الحرارة مع سائل تشغيل آخر، ويفضل أن يكون ماء لغرض تكوين بخار يمكن استخدامه لاحقاً في نظام فرعي لتوليد الطاقة مثل توربين بخاري. ومن ثم يتم تشغيل نظام توليد الطاقة لإنتاج الطاقة. وحيث يبادل سخونته مع سائل التشغيل الثاني، ربما يحدث تنفيس لسائل التشغيل الأول، على الأقل في حالة استخدام الهواء، في الجو. وبدلاً من ذلك، إذا تم استخدام غاز أغلى ثمناً مثل الهيليوم فإنه يمر راجعاً عبر نظام الضخ إلى أنابيب الدخول 41 لجهاز الاستقبال 100 ليمر بدورة أخرى من التسخين الشمسي.

10

يمكن تفهم أن هناك تغييرات مختلفة قد يتم إدخالها على نطاق الكشف الحالي، مثلاً يمكن تعديل حجم وشكل العناصر المختلفة لجهاز الاستقبال الشمسي حسب الحاجة، ويمكن تغيير حجم جهاز الاستقبال كله حسب الحاجة.

15

يمكن أيضاً تصور أن يتكون العنصر اللاقط للأشعة من مادة مختلفة عن SiC، مثل السبائك المقاومة للحرارة. يعمل ذلك على زيادة الطول الهيكلي لكنه يكون على حساب التوصيلية المنخفضة للحرارة ودرجة حرارة التشغيل بمعنى أن كفاءة جهاز الاستقبال ستكون منخفضة بالمقارنة مع التجويف المكون من SiC.

20

وفي تجسيد آخر بديل، يمكن أن تكون الفتحات 50 بالكامل إما في جدار التجويف 64 أو سطحه الطرفي الحلقي 65 حسب الحاجة، من خلال إجراء تعديل على الطريقة التي تدخل بها القنوات 70 إلى صفيحة الفتحة 6 وعند الضرورة، تعديل سمك صفيحة الفتحة 6. وفي الوقت الحالي، نفضل أن توجه القنوات إشعاعياً إلى حد كبير في صفيحة الفتحة 6. ومع ذلك، من المتصور أنه ربما يعدل اتجاه القنوات

25

70 والغرف 54 بحيث توجه التدفق بطريقة تنتج تدفق يشبه الدوامة حول الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة 3، وبذلك تزيد أكثر من أثر التبريد.

5 وكما ذكرنا سابقاً، قد تُستبعد الصفيحة اللغافية 1 عندما تكون الفرصة منخفضة أو عندما لا تتوانى الفرصة لتسرب الأشعة. كما أنه من المتصور أيضاً أن يتم تبريد صفيحة الفتحة الخاصة بالمبيت بالماء أو أن يتم صنعها من مادة الألومينا.

على الرغم من أن الشرح السابق قد ركز على استخدام حشيات الجرافيت، إلا أنه قد يكون من الممكن بدلاً من ذلك صنع الحشيات من ألياف سيراميكية (مثل الألومينا Al_2O_3)، أو من سبيكة فائقة أساسها التيتل من الانكونيل.

10 أيضاً، القناة 8 المكونة من مادة مسامية P يُعتقد أيضاً أن تتكون مباشرة على السطح الخارجي للعنصر 3، بدلاً من تكوينها بصورة منفصلة ودفعها في المادة العازلة 31 قبل إدخال العنصر 3 فيها.

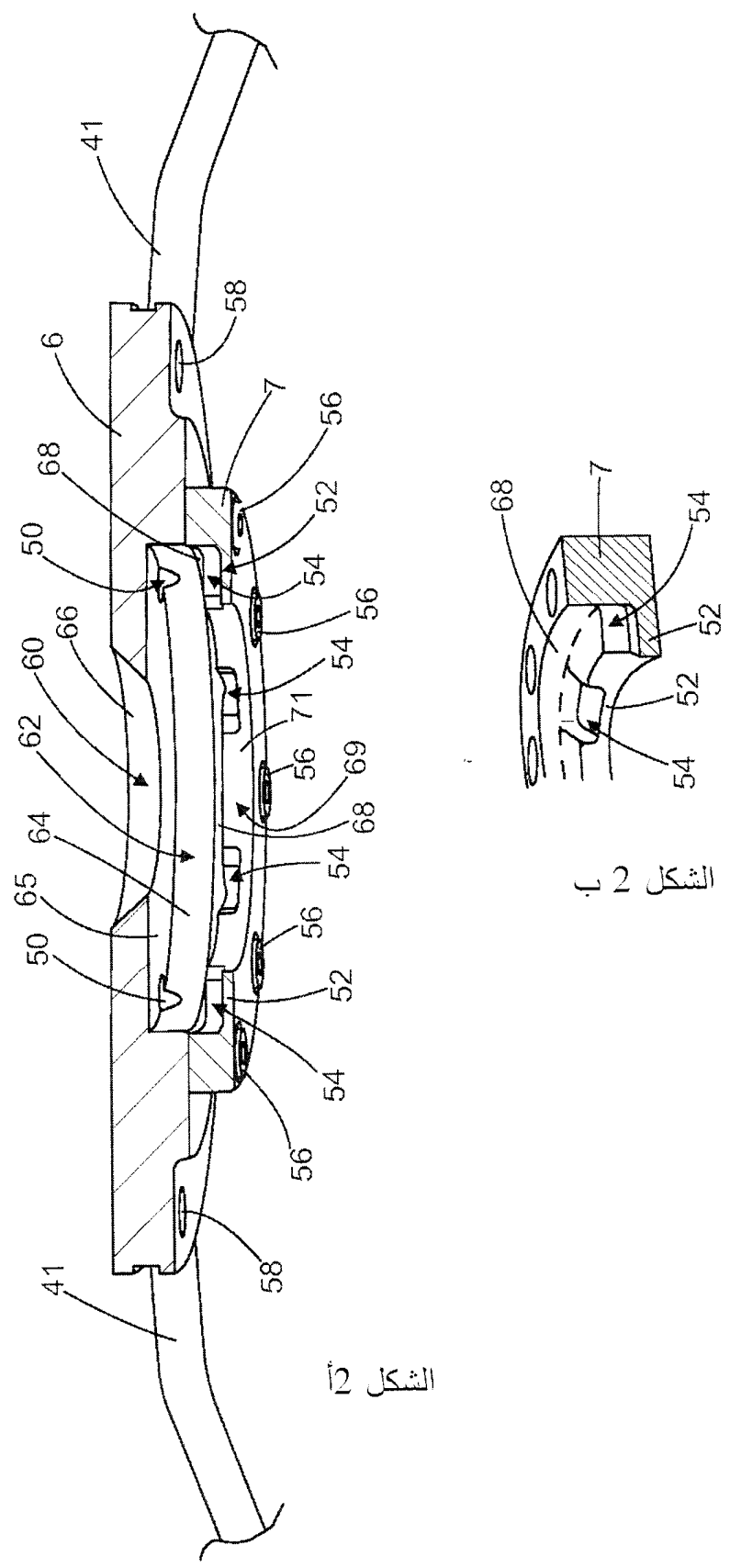
ذكر الهيليوم أعلاه كسائل تشغيل بديل لأن للهيليوم معامل نقل حرارة أعلى من الهواء مع تساوي معدلات حجم التدفق الأمر الذي يؤدي إلى كفاءات حرارية أعلى قليلاً فيما يتعلق بانخفاضات الضغط المساوية.

15 ومن المعروف أن التعبيرات المستخدمة هنا مثل "طرفي" و"جانبي" و"داخلي" و"خارجي" و"أمامي" و"خلفي" لا تقيد من السمات المتعلقة بذلك التوجه لكنها تميز فقط بين هذه السمات وبعضها.

عناصر الحماية

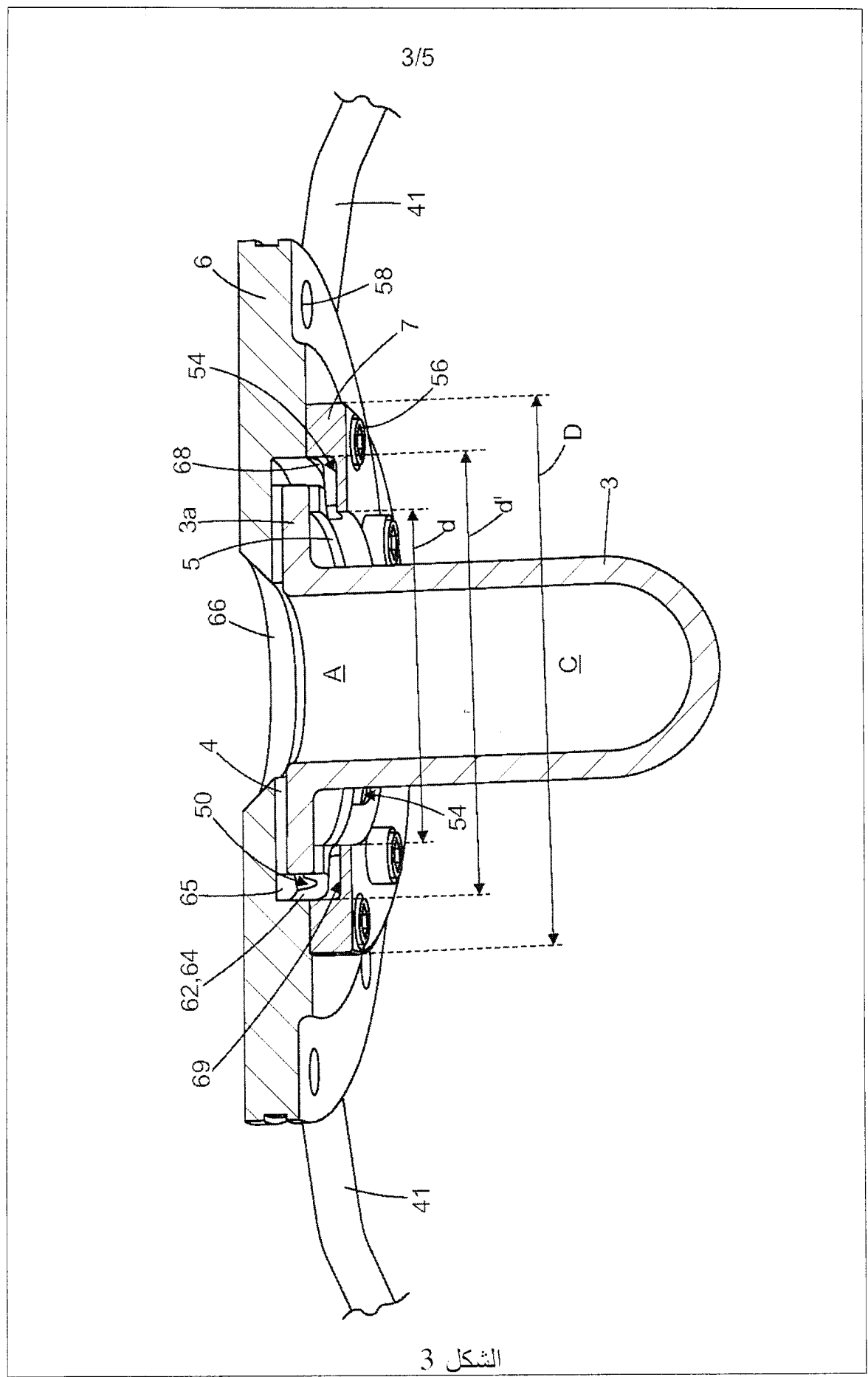
1. جهاز لاستقبال أشعة الشمس يشتمل على عنصر لاقط للأشعة مع فتحة لاستقبال الأشعة وقناة تدفق مكونة حول العنصر اللاقط للأشعة، والتي يتدفق سائل التشغيل المستخدم خلالها بحيث تُمتص الطاقة الحرارية للعنصر اللاقط للأشعة بواسطة سائل التشغيل مع تشكيل قناة التدفق لتقدم مساحة مقطعية موحدة مخصصة لتدفق سائل التشغيل بين مدخل قناة التدفق ومخرجها . 5
2. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 1، حيث يختلف سمك القناة التي تكون على السطح الخارجي للعنصر اللاقط للأشعة حسب الضرورة لتوفر المساحة المقطعية الموحدة.
3. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 1 أو 2، يحتوي على مخرج قناة لسائل التشغيل، وهذه القناة تقدم نفس المساحة المقطعية لتدفق سائل التشغيل خلالها كما هو الحال مع قناة التدفق.
4. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، حيث تُملأ القناة بمادة مسامية يتدفق خلالها سائل التشغيل حيث تلامس المادة المسامية العنصر اللاقط للأشعة وفيها يمتص سائل التشغيل على الأقل جزء من الطاقة الحرارية المذكورة عبر المادة المسامية.
5. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 4، حيث تكون المادة المسامية عبارة عن فوم سيراميكي مسامي شبكي .
6. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 4 أو 5، حيث تتكون المادة المسامية من كربيد السليكون.
7. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية 4 أو 5 أو 6، حيث يتم وضع المدخل إلى قناة التدفق بحيث يلامس سائل التشغيل عند طرف الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة بالقرب من فتحة استقبال الأشعة، وبذلك يعمل التبريد بالتلامس لطرف الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة مع سائل التشغيل على الحد من ارتداد أشعة الطاقة الملتقطة لتخرج من الفتحة.
8. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، حيث يحتوي العنصر اللاقط للأشعة على تجويف اسطواني تكون نهايته الموجودة في مقابل فتحة استقبال الأشعة مقببة إلى الخارج وتتكون القناة حول القبة.
9. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 8، حيث يتغير سمك القناة بالنسبة إلى نصف قطر النهاية المقببة للتجويف بتغير الزاوية الإشعاعية بالنسبة إلى المحور الطولي للتجويف.
10. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، حيث يحتوي أيضاً على مبيت للعنصر اللاقط للأشعة ويكون للعنصر اللاقط للأشعة شفة ممتدة خارجاً لتثبيت العنصر بجزء من المبيت بطريقة حاکمة للضغط.

11. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 10، حيث يتم تثبيت الشفة الممتدة خارجاً بجزء من المبيت من خلال مشبك clamp.
12. جهاز استقبال وفقاً لعنصر الحماية رقم 11، حيث أنه لتسهيل الغلق الحاكم أو المحكم للضغط توجد حشية بين أحد أو كل مما يلي: (أ) الشفة والمبين و(ب) الشفة والمشبك.
13. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية 10 و 11 و 12، حيث يحتوي على مسار تدفق 5 لسائل التشغيل في وضع تماس مع سائل التشغيل عند طرف الشفة الممتدة خارجاً لتبريده.
14. جهاز استقبال وفقاً لعناصر الحماية من 7 حتى 13، حيث يعمل مسار التدفق على توجيه سائل التشغيل ليخلق أثر تبريد طرفي موحد على الجزء الأمامي من العنصر اللاقط للأشعة وبذلك يخفف من الإجهادات المرتبطة بالتدرجات الحرارية.
15. جهاز استقبال وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، حيث يكون سائل التشغيل عبارة عن هواء أو هيليوم.
16. يتكون نظام توليد الطاقة من جهاز استقبال واحد على الأقل وذلك وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة، وفيه يقترن المخرج أو كل مخرج من قناة التدفق الموجودة حول العنصر اللاقط للأشعة بمكون وحدة توليد الطاقة الملحقة.
17. نظام توليد الطاقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 16، حيث يكون مكون وحدة توليد الطاقة الملحقة عبارة عن توربين غاز.
18. نظام توليد الطاقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 16، حيث يكون مكون وحدة توليد الطاقة الملحقة عبارة عن غرفة احتراق لتسخين سائل التشغيل أكثر قبل مروره إلى توربين الغاز.
19. نظام توليد الطاقة وفقاً لأي من عناصر الحماية من 16 حتى 18، حيث يحتوي على العديد من أجهزة الاستقبال المنظمة بطريقة تسمح بتغذية مخرجات سائل التشغيل الخاصة بها على 20 التوازي مع مكون وحدة توليد الطاقة الملحقة.
20. تم شرح وتوضيح جهاز الاستقبال المشار إليه هنا في الأشكال المصاحبة لهذا الكشف.
21. تم توضيح نظام توليد الطاقة في الكشف .

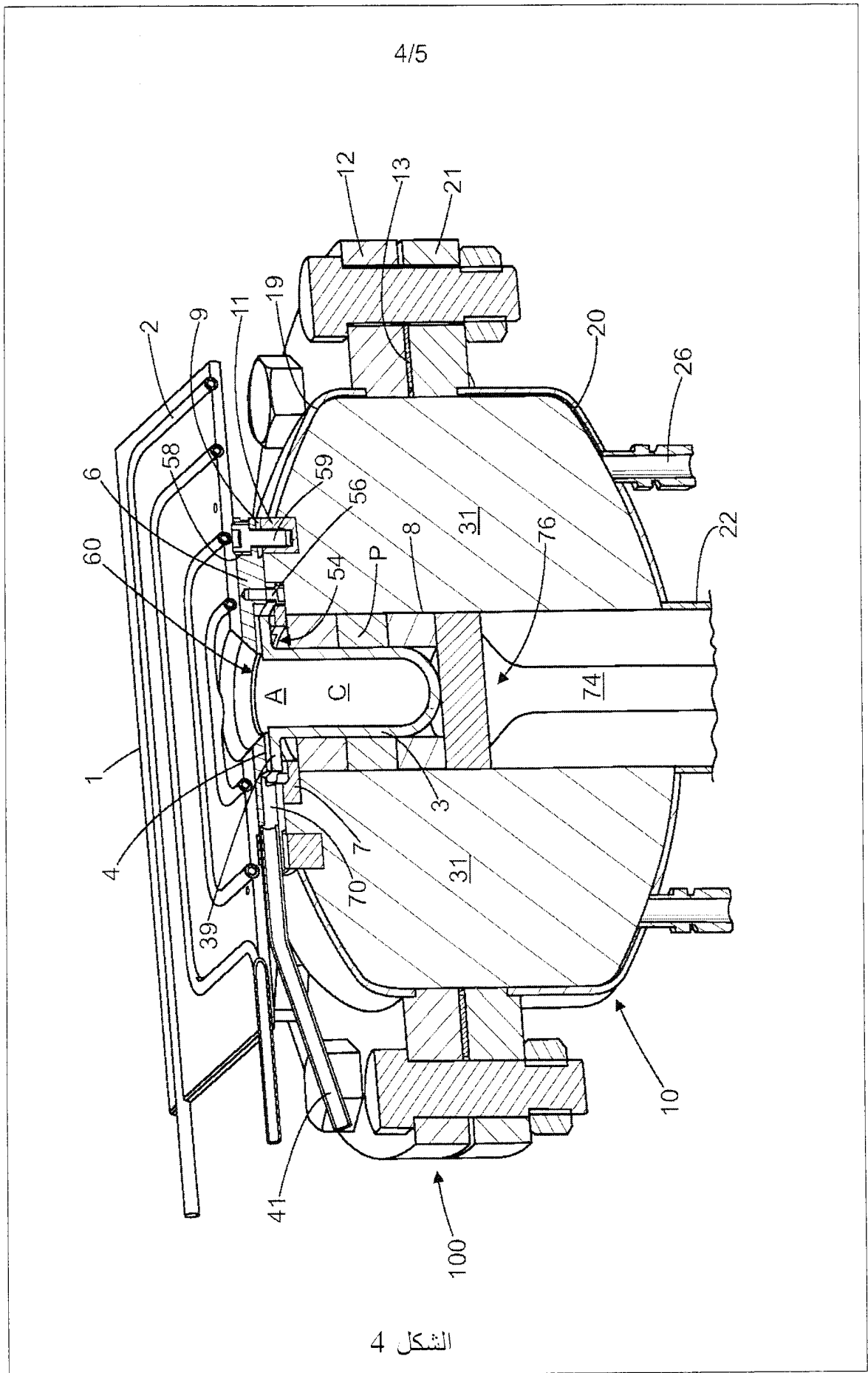


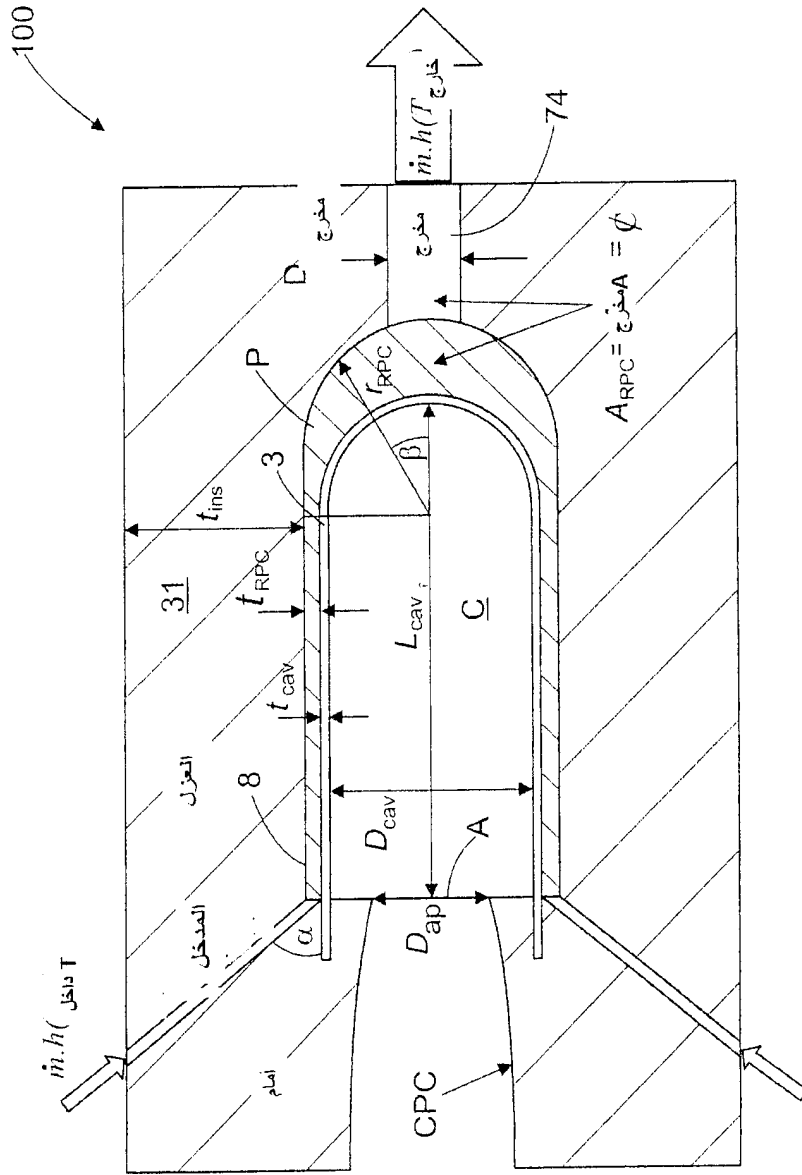
الشكل 2

الشكل 2



الشكل 3





شكل 5