ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 34707 B1

(43) Date de publication :
03.12.2013

(51) Cl. internationale :
F24J 2/07; F24J 2/28; F24J 2/46; F24J 2/48

(21) N° Dépôt :
35958

(22) Date de Dépôt :
05.06.2013

(30) Données de Priorité :
06.12.2010 GB 1020634.0

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/EP2011/070984 24.11.2011

(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) conçu pour capturer le rayonnement solaire passant à travers une ouverture de réception de rayonnement (A) dans une cavité (C) formée par l'élément de capture de rayonnement, l'ouverture présentant un premier diamètre (D

الوصف المختصر

جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية (100) يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع (3) من أجل التقاط الإشعاع الشمسي والذي يمر من خلال فتحة استقبال الإشعاع (أ) في تجويف (ج) يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع، ويكون للفتحة قطر أول (D_{aP}) والتجويف له جدران اسطوانية بقطر ثان (D_{CAV})، ويكون القطر الثاني أكبر من القطر الأول، ويفضل أن يكون طول التجويف أكبر مرتين من القطر الأول. قد يكون طول (L_{CAV}) القطر أكبر من القطر الأول (D_{aP})، ويفضل أن يكون طول التجويف أكبر مرتين. يمكن تدبير قناة تدفق حول عنصر التقاط الإشعاع، حيث يمر من خلال قناة التدفق هذه سائل عامل مضغوط، مثل الهواء أو الهيليوم. ويمكن أن يتم ملء قناة التدفق بمادة مسامية والتي يتدفق من خلالها السائل العامل.

PV/33958

1

03 DEC 2013

الوصف الكامل للاختراع

يشتمل الوصف الكامل للاختراع على:

(الفن السابق – المشكلة أو القصور في الفن السابق – الوصف التفصيلي – طريقة الاستغلال)

المجال التقني للاختراع

يتعلق الكشف الحالي بأجهزة لاستقبال الأشعة الشمسية لالتقاط أشعة الشمس حيث تكون له معلمات محسنة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية في سائل عامل.

الفن السابق

ينطوي مجال أنظمة توليد الطاقة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة على تحويل الطاقة من أشعة الشمس إلى طاقة مفيدة يمكن استخدامها لتوليد الطاقة مثل الكهرباء.

وإحدى الوسائل التي يمكن من خلالها تحقيق هذا التحويل تتمثل في تسخين سائل عامل شمسي مثل سائل أو غاز والذي يتم تسخينه مرة واحدة ويمكن عندئذ أن يستخدم لدفع بعض التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية.

وقد تستخدم الأنظمة التي تعمل على هذا المبدأ صفوف كبيرة من المرايا المكافئة والتي ترتب بطريقة دقيقة حول جهاز استقبال الأشعة الشمسية لتعكس أشعة الشمس من الشمس إلى منطقة معينة من جهاز استقبال الأشعة الشمسية.

وبهذه الطريقة يتم توظيف هذا النظام بحيث يسمح بتوجيه كمية أكبر بكثير من أشعة الشمس إلى جهاز استقبال الأشعة الشمسية بدون توسيع جهاز استقبال الأشعة الشمسية أو شكل من أشكال عدسات التركيز.

وتتعلق العوامل الرئيسية المحيطة بجهاز استقبال الأشعة الشمسية: بكفاءة التحويل بين الطاقة من أشعة الشمس والطاقة المفيدة المتولدة؛ ومسائل التبريد التي تنطوي على ضمان أن جهاز استقبال الأشعة الشمسية قادر على تحمل درجات الحرارة العالية التي يتعرض لها تحت الإشعاع الشمسي المركز؛ والمتانة الميكانيكية للنظام في مواجهة بيئات التشغيل، مثل الصحاري، والتي تشكل في كثير من الأحيان مسائل مثل العواصف الترابية ونطاقات درجة الحرارة.

وهناك شكلان من أجهزة استقبال الأشعة الشمسية هما أجهزة استقبال الأشعة الشمسية المباشرة وأجهزة استقبال الأشعة الشمسية غير المباشرة. وتسمح أجهزة استقبال الأشعة الشمسية المباشرة بمرور الإشعاع الشمسي مباشرة من خلال نافذة إلى سائل عامل والذي يكون غاز مثل الهواء. وفي هذا المثال يعمل الإشعاع الشمسي مباشرة على السائل العامل ويسبب زيادة في الطاقة الحرارية.

وفي نظام جهاز استقبال الأشعة الشمسية غير المباشر، يتم قطع الإشعاع الشمسي من الوصول إلى السائل العامل مباشرة بواسطة مادة من نوع ما مثل سطح صلب، لامع عادة، وهذا هو السطح الصلب الذي يتم تسخينه بواسطة الأشعة الشمسية ثم يتبادل حرارته مع السائل العامل عبر ناقل حراري.

وقد ثبت أن أجهزة استقبال الأشعة الشمسية غير المباشرة أكثر قوة من أجهزة استقبال الأشعة الشمسية المباشرة لأنها لا تحتاج إلى مادة شفافة والتي يجب أن تمر أشعة الشمس من خلالها من أجل الوصول إلى السائل العامل.

وقد تأخذ هذه المادة الشفافة شكل نافذة من الكوارتز أو ما شابه ذلك، والتي تكون قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية، ولكنها مع ذلك تكون هشة نسبياً في مواجهة العوامل البيئية مثل الغبار والحطام، مع تشكل شقوق صغيرة مما يتلف النافذة مع ارتفاع درجة الحرارة ومما يؤدي إلى تعطل نظام استقبال الأشعة الشمسية بكامله.

وعلى النقيض من ذلك، يعتبر نظام استقبال الأشعة الشمسية غير المباشرة مفيداً لأنه يتجنب أي حاجة لهذه العناصر الهشة نسبياً من النظام، وإن كان ذلك على حساب انخفاض معدل انتقال الطاقة من الإشعاع الشمسي إلى السائل العامل.

وبمجرد تسخين السائل العامل بشكل مناسب يمكن تمريره بعد ذلك من خلال مبادل حراري أو نظام احتراق لزيادة درجة حرارة السائل العامل لاستخدامه مع نظام توليد الكهرباء مثل توربين غاز متصل بمولد كهربائي.

وتتمثل كفاءة هذا النظام في وظيفة كمية الإشعاع الشمسي التي تدخل جهاز استقبال الأشعة الشمسية والتي يتم التقاطها بشكل فعال ونقلها إلى السائل العامل، تليها كفاءة نقل تلك الطاقة لدفع المولد الكهربائي.

وثمة قضية تحد من وصول أجهزة استقبال الأشعة الشمسية إلى أقصى قدر من الكفاءة هو أن إعادة الإشعاع من سطح جهاز استقبال الأشعة الشمسية مرة أخرى يخرج في الجو، مما يفقد الإشعاع المطلوب لأغراض توليد الطاقة. ولذلك فإنه من المفيد توفير نظام يحد بقدر الإمكان من درجة إعادة الإشعاع.

وهناك عامل آخر لتعظيم كفاءة جهاز استقبال الأشعة الشمسية هو الحد من فقدان الطاقة الحرارية من السائل العامل في المناطق المحيطة به قبل الوصول إلى نظام توليد الطاقة الفرعي.

وحيث يتم ضغط السائل العامل، من الضروري توفير قفل ضغط محكم حول القناة التي يتدفق السائل العامل من خلالها، ومن الصعب وضع قفل الضغط المحكم هذا في درجة الحرارة المرتفعة التي تتعرض لها مكونات جهاز الاستقبال.

وتلف قفل الضغط يؤدي إلى تنفيس غير مرغوب فيه للسائل العامل، مما قد يتسبب في تلف جهاز استقبال الأشعة الشمسية ككل وسوف يقلل من كفاءة عملية نقل الحرارة على أقل تقدير.

ويهدف الكشف الحالي إلى تخفيف هذه المشاكل لتوفير نظام لاستقبال الأشعة الشمسية بكفاءة عالية.

ملخص الاختراع

يوفر الجانب الأول من الكشف جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع الذي يمر من خلال فتحة استقبال الإشعاع في تجويف يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع، ويكون للفتحة قطر أول والتجويف له جدران اسطوانية بقطر ثاني، ويكون القطر الثاني أكبر من القطر الأول. ويفضل أن يكون طول التجويف أكبر من القطر الأول.

ويفضل أن تكون نسبة القطر الأول إلى القطر الثاني تتراوح بين: أ) حوالي 0.3 إلى حوالي 0.7؛ أو ب) من حوالي 0.4 إلى حوالي 0.65؛ أو ج) حوالي 0.5.

ويفضل أن تكون نسبة طول التجويف إلى القطر الأول تتراوح بين: أ) حوالي 1.5 إلى حوالي 2.75؛ أو ب) من حوالي 1.75 إلى حوالي 2.25؛ أو ج) حوالي 2.

ويفضل أن يتم تشكيل عنصر التقاط الإشعاع من مادة غير مسامية قادرة على تحمل درجات الحرارة بمقدار 1000 درجة مئوية على الأقل.

ويفضل أن يتم تشكيل عنصر التقاط الإشعاع من كربيد السيليكون، على سبيل المثال كربيد السيليكون المتكلس أو كربيد السيليكون المتسرب.

ويفضل أن يكون للتجويف نهاية محدبة مقببة للخارج في مقابل فتحة استقبال الإشعاع.

ويوفر أحد جوانب هذا الكشف جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية كما هو موضح أعلاه وقناة تدفق حول عنصر التقاط الإشعاع، حيث يمر من خلال قناة التدفق هذه سائل عامل

مضغوط أثناء تشغيل جهاز استقبال الأشعة الشمسية لامتصاص الطاقة الحرارية من عنصر التقاط الإشعاع.

ويفضل أن يتم ملء قناة التدفق بمادة مسامية والتي يتدفق من خلالها السائل العامل حيث تتصل المادة المسامية بعنصر التقاط الإشعاع، وحيث يمتص السائل العامل جزء على الأقل من الطاقة الحرارية المذكورة أعلاه عن طريق المادة المسامية. وقد تكون المادة المسامية غلاف مسامي من الخزف، وتشمل على سبيل المثال كربيد السيليكون.

وللحد من إعادة الإشعاع للطاقة الملتقطة من خلال الفتحة، يفضل عمل مدخل لقناة التدفق بحيث يؤثر السائل العامل على الجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع القريب من فتحة استقبال الإشعاع، وبالتالي تبريد الجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع. ويعد هذا فعال أيضاً للحد من الضغوط الحرارية الناجمة عن تأثير التسخين بالإشعاع الشمسي على الجدران التجويف بالقرب من فتحة استقبال الإشعاع.

ومن جانب آخر فإن جهاز استقبال الأشعة الشمسية يضم أيضاً منيم لعنصر التقاط الإشعاع، ويكون لعنصر التقاط الإشعاع شفة تمتد خارجياً لتأمين العنصر في مقابل جزء من المنيم بطريقة الضغط المحكم.

وفي إحدى عمليات التجسيد يمكن تأمين الشفة الممتدة خارجياً مقابل جزء المنيم بواسطة مشبك، ولتسهيل الضغط المحكم يتم وضع طوق بين واحد أو كلاً من: أ) الشفة والمنيم؛ و ب) الشفة والمشبك.

ويفضل أن يكون لجهاز استقبال الأشعة الشمسية مسار تدفق للسائل العامل بحيث يؤثر السائل العامل على المحيط الخارجي للشفة الممتدة للخارج لتبريدها. ويفضل أن يقوم مسار التدفق بتوجيه السائل العامل لإنشاء تأثير تبريد موحد أساساً على الجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع، وبالتالي تخفيف الضغوط المرتبطة بالتدرجات الحرارية.

ولتمكين تسليم السائل العامل إلى توربين أو جهاز آخر لإنتاج الطاقة بعد أن يتم تسخين السائل العامل في قناة التدفق حول عنصر التقاط الإشعاع، فيتم دمج قناة التدفق مع قناة خروج السائل العامل لجهاز استقبال الأشعة الشمسية.

ويفضل أن يكون السائل العامل هو الهواء أو الهيليوم.

ويوفر جانب آخر من الكشف الحالي نظام لتوليد الطاقة يضم جهاز استقبال واحد على الأقل كما هو موضح أعلاه، بحيث يتم دمج كل مخرج من قناة التدفق حول عنصر التقاط الإشعاع بمكونات محطة توليد طاقة أخرى، مثل توربين غاز. وبدلاً من ذلك، فقد تكون مكونات محطة توليد الطاقة الأخرى مادة احتراق لمزيد من التسخين للسائل العامل قبل أن يتم تمرير السائل العامل لتوربين الغاز.

ويجب أن يفهم أن الحصول على مخرجات عالية من الطاقة من محطة لتوليد الطاقة الشمسية يمكن تحقيقه بوضع عدة أجهزة استقبال للأشعة الشمسية لتغذية مخرجات السائل العامل بالتوازي مع مكونات محطة توليد الطاقة الأخرى.

<u>وصف موجز للرسومات</u>

سيتم الآن وصف عمليات التجسيد المثالية مع الإشارة إلى الرسومات المرفقة، حيث:

الشكل 1أ عبارة عن مقطع جانبي بعيد للعناصر التي تم اختيارها من جهاز استقبال الأشعة الشمسية وفقاً للجانب الأول من هذا الكشف.

الشكل 1ب عبارة عن مقطع مصور لجهاز استقبال الأشعة الشمسية كما هو موضح في الشكل 1 على نطاق أضيق.

الشكل 2أ عبارة عن مقطع جانبي بعيد للعناصر التي تم اختيارها في مقدمة جهاز استقبال الأشعة الشمسية وفقاً للشكل 1.

الشكل 2ب عبارة عن مقطع جزئي لأحد العناصر كما هو موضح في الشكل 2أ، والذي يبينه من زاوية مختلفة.

الشكل 3 عبارة عن مقطع بعيد للعناصر التي تم اختيارها من جهاز استقبال الأشعة الشمسية وفقاً للشكل 1، و

الشكل 4 عبارة عن مقطع عرضي محوري لجهاز استقبال الأشعة الشمسية وفقاً للشكل 1.

الشكل 5 عبارة عن مخطط للعناصر التي تم اختيارها من جهاز استقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأحد جوانب هذا الكشف.

الشكلان 6 و 7 عبارة عن رسمين بيانيين يصوران الكفاءة الحرارية لجهاز استقبال الأشعة الشمسية لمختلف الخصائص الهندسية لعنصر التقاط الإشعاع في مقابل معدلات تدفق كتلة الهواء المضغوط مثل السائل العامل لجهاز استقبال الأشعة الشمسية.

الشكل 8 عبارة عن رسم بياني يصور متوسط تدفق الحرارة المحيطية الممتصة على جدار عنصر التقاط الإشعاع بوصفها وظيفة للوضع المحوري على جدار مدخل طاقة معين؛ و

الشكل 9 عبارة عن رسم بياني يصور معدل التدفق الكلي للهواء المضغوط من خلال جهاز استقبال الأشعة الشمسية في مقابل معلمات تشغيل متعددة لجهاز استقبال الأشعة الشمسية.

<u>الوصف التفصيلي لعمليات التجسيد المثالية</u>

يتم هنا الكشف عن عمليات تجسيد محددة لأجهزة استقبال الأشعة الشمسية. وسوف يكون مفهوماً أن عمليات التجسيد المكشوف عنها هي مجرد أمثلة على الطريقة التي يمكن أن

تنفذ بها بعض جوانب الكشف ولا تمثل قائمة شاملة لجميع الطرق التي يمكن أن تتجسد بها أجهزة استقبال الأشعة الشمسية. وفي الواقع، فسوف يكون مفهوماً أن جهاز استقبال الأشعة الشمسية الموصوف هنا قد يتجسد في أشكال مختلفة وبديلة.

ولا تعتبر الأشكال مقتصرة بالضرورة وقد تكون بعض السمات مبالغ فيها أو مقلل منها لإظهار التفاصيل لمكونات معينة. ولا يتم بالضرورة وصف المكونات أو المواد أو الطرق المعروفة بتفصيل كبير من أجل تجنب التعتيم على الكشف الحالي.

وأي تفاصيل هيكلية ووظيفية محددة يكشف عنها هنا لا ينبغي أن تفسر على أنها مقتصرة، ولكن كأساس لعناصر الحماية وكأساس تمثيلي لتعريف المهرة في هذا الفن بكيفية توظيف الكشف بطرق مختلفة.

وبالإشارة إلى الشكل 1 والشكل 4، فيتعلق أحد جوانب الكشف الحالي بجهاز لاستقبال الأشعة الشمسية غير المباشرة 100 والذي يتألف من عنصر التقاط أجوف للإشعاع 3 والذي يشكل جدار التجويف C والذي يتم فيه استقبال الإشعاع الشمسي من خلال فتحة دخول الإشعاع A.

ويتم وضع عنصر التقاط الإشعاع 3 لتبادل الحرارة المتولدة في جدران عنصر التقاط الإشعاع 3 عن طريق الإشعاع الشمسي، مع سائل عامل مضغوط، مثل الهواء أو الهيليوم، والذي يتم تمريره من خلال القناة 8 الموجودة حول السطح الخارجي لعنصر التقاط الإشعاع 3 والتي تملأ بمادة تبادل حراري مسامية P كما هو موضح أدناه.

ويتم ضخ السائل العامل في القناة القريبة من فتحة دخول الأشعة A، ويتدفق على طول السطح الخارجي للعنصر 3، الذي يمتص جزء منه على الأقل الطاقة الحرارية قبل أن يتدفق من مخرج جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 إلى نظام توليد الطاقة.

وعند الاستخدام، فإن جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 يستقبل الإشعاع الشمسي الذي ينعكس من صف من المرايا الموجهة تلقائياً والتي تحتفظ بالإشعاع المنعكس وتركزه على جهاز استقبال الأشعة الشمسية.

ومن أجل زيادة عامل تركيز الإشعاع وتدفق الحرارة الداخلة لعنصر التقاط الإشعاع 3 والكفاءة الحرارية، فيتم وضع مكثف ثانوي مثل مكثف مكافئ مركب والذي يحمل الاختصار CPC في مقدمة عنصر التقاط الإشعاع.

وبالتالي، على الرغم من أنه يظهر في الأشكال من 1 إلى 4 إلا أن قطر فتحة استقبال الإشعاع A هو نفس قطر التجويف C وأثناء تشغيل جهاز استقبال الأشعة الشمسية يكون قطر الفتحة A أصغر من قطر التجويف C، حيث سيتم تحديده بواسطة فتحة خروج للمكثف المكافئ المركب والتي تقع مباشرة في مقدمة عنصر التقاط الإشعاع 3 كما هو موضح بيانياً في الشكل 5 وتم وصفه أيضاً أدناه.

ويتطلب المكثف المكافئ المركب سطح عاكس للغاية وعادة ما يعمل في درجات حرارة من 100 درجة مئوية وأقل. ويفضل التبريد بالماء للحفاظ على درجة الحرارة داخل هذا النطاق. وبعد التركيز بواسطة المكثف المكافئ المركب، فإن تدفق الطاقة الشمسية عادة ما يصل إلى 5000 كيلووات / م2 داخل التجويف C.

ويتم تصميم شكل التجويف C للحد من كمية الطاقة الشمسية التي تفقد عن طريق إعادة الإشعاع من الأسطح الداخلية للتجويف من خلال فتحة دخول الأشعة A، حيث تم تقييدها من قبل المكثف المكافئ المركب.

ويفضل عادة أن يتم تشكيل التجويف C على شكل اسطوانة يتم إغلاقها في نهايتها الخلفية وتحتوي على فتحة دخول الأشعة A في نهايتها الأمامية، ويتم تحديد النهاية الأمامية والخلفية وفقاً للاتجاه العام الذي يدخل فيه الإشعاع الشمسي في التجويف.

وتكون النهاية المغلقة من التجويف C على شكل القبة، أي تكون محدبة في اتجاه المؤخرة، ويفضل أن تكون نصف كروية، بحيث يوفر التجويف سطح داخلي مستمر يمتد من فتحة دخول الأشعة A.

ويعتبر الشكل الأسطواني مفيداً من حيث أنه يساعد حتى على امتصاص الإشعاع الشمسي حول أي جزء حلقي معين من عنصر التقاط الإشعاع 3.

ويعتبر الشكل الأسطواني مفيداً أيضاً في أنه يساعد على تقليل ضغوط الشد بسبب حمل الضغط. وبالمثل، فإن نهاية التجويف C المقببة تضمن بقدر الإمكان توزيع الطاقة الحرارية حول أي جزء حلقي معين من عنصر التقاط الإشعاع 3.

ويفضل أن يتم تشكيل العنصر 3 من مادة غير مسامية قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية بشكل مناسب، على سبيل المثال، أكثر من 1000 درجة مئوية.

ويستخدم كربيد السيليكون المتكلس (SSIC) بشكل مفيد لأنه قادر على تحمل درجة عالية من الضغوط الحرارية، وتساعد هذه المتانة التجويف عند استعماله كما هو موضح أدناه.

وإذا كان مصنوعاً من كربيد السيليكون المتكلس (SSIC) ، فإن العنصر 3 قد يكون مصبوب في قطعة واحدة، على سبيل المثال بواسطة الضغط على الساخن وتكليس مسحوق كربيد السيليكون، أو بدلاً من ذلك قد يتكون من اثنين أو أكثر من المكونات.

وعلى وجه الخصوص، إذا كان عنصر التقاط الإشعاع يتكون من كربيد السيليكون المتسرب (SiSiC)، فقد يكون من المريح تشكيل العنصر بواسطة الجمع بين مكونين معاً يتألفان من جسم رئيسي أسطواني ونهاية مقببة.

ويفضل أن يكون لجدران العنصر 3 سمك حلقي موحد يتراوح بين حوالي 3ملم إلى حوالي 15 ملم، اعتماداً على ضغط التشغيل وخصائص المواد.

ومن حيث المبدأ، فإن الجدران الأقل سماكة تعطي كفاءة أفضل وضغوط حرارية منخفضة، ولكن اختيار السمك يعتمد على التفاضل بين المتانة الهيكلية للعنصر 3 وسرعة نقل الطاقة الحرارية. وعلى سبيل المثال، فباستخدام كربيد السيليكون المتكلس فيكون السمك بحوالي 5 – 7 ملم كافياً لاحتواء ضغط بمقدار 10 ميجا باسكال.

ويتم اختيار قطر الفتحة A، بوصفها مقيدة بفعالية من خلال فتحة خروج المكثف المكافئ المركب، بحيث تكون كبيرة بما فيه الكفاية للحصول على الكمية المطلوبة من الإشعاع الشمسي إلى التجويف C بين الجدران الأسطوانية للعنصر 3، ولكنها تكون صغيرة بما فيه الكفاية للحد من خروج الإشعاع مرة أخرى من الفتحة A. ومع ذلك، فالقطر الصغير للفتحة A قد يؤدي إلى صعوبات إضافية في تركيز الإشعاع الشمسي إلى التجويف C، حتى مع الاستفادة من تقليل خروج الإشعاع مرة أخرى من الفتحة A.

وبشكل عام، ينبغي اختيار الأبعاد المرتبطة بعنصر التقاط الإشعاع 3 وقناة التدفق 8 لزيادة كمية الإشعاع الذي يدخل في التجويف C، مع تقليل كمية الطاقة الشمسية المفقودة من التجويف، وتعظيم كفاءة نقل الحرارة للعنصر 3 إلى السائل العامل في قناة التدفق 8، وتقليل الخسائر الاستثنائية في تدفق السائل العامل.

على سبيل المثال، يناقش طلب براءة الاختراع T10/037-0_GB المعلق الخاص بنا حتى موعد الحصول على براءة الاختراع الحالية، أبعاد قناة التدفق 8، في حين يناقش طلب براءة الاختراع الحالي الاستفادة المثلى من أبعاد التجويف C (وبالتالي عنصر التقاط الإشعاع 3).

وتعتمد أبعاد التجويف المناسبة من حيث القيمة المطلقة بقوة على مستوى الطاقة في جهاز الاستقبال، ولكن يتم تقييد أقصى قطر للتجويف بواسطة عملية تصنيع العنصر 3 والخسائر المرتبطة بالمتانة في الأبعاد الأكبر. وعلى سبيل المثال، بالنسبة لجهاز استقبال بسعة 100 كيلووات فإن قطر التجويف C قد يكون حوالي 300 ملم، ويبلغ طوله 500 ملم.

ويكون لعنصر التقاط الإشعاع 3، كما هو موضح في الشكل 5، معلمات هندسية مختلفة تؤثر على كل من كفاءة تحويل الإشعاع الشمسي الملتقط بواسطة عنصر التقاط الإشعاع إلى طاقة حرارية لسائل العامل. وكما سيظهر أدناه، فغن الاختيار الأمثل لهذه المعلمات يوفر عدة مزايا مدهشة وهي:

1) الحد من فقدان الإشعاع؛

2) نقل الحرارة إلى السائل بشكل فعال؛

3) تقليل الضغوط الحرارية بسبب زيادة توحيد التشعيع محيطياً حول المناطق الداخلية لعنصر التقاط الإشعاع، و

4) الزيادة الطفيفة في درجة الحرارة فيما يتعلق بالمسافة على طول عنصر التقاط الإشعاع.

ويعود الفقدان الشديد في الحرارة نتيجة لإعادة الإشعاع إلى محيط الفتحة A للطاقة الملتقطة سابقاً بواسطة عنصر التقاط الإشعاع 3. وقد تتراوح نسبة هذه الطاقة المعاد تشعيعها ما بين 5% و 17% من الطاقة الإجمالية للإشعاع الشمسي الأولي.

وتشمل عدم الكفاءة الأقل أهمية، ولكنها لا تزال مهمة، فقدان الحمل الحراري من داخل عنصر التقاط الإشعاع ، حيث يخرج الهواء الساخن من عنصر التقاط الإشعاع من خلال الفتحة A.

وفي درجات الحرارة التشغيلية الأقل للعنصر 3 قد تمثل نسبة الفقد في الحمل الحراري حوالي 5% من الطاقة الإجمالية للإشعاع الشمسي الأولي.

وتعتبر الكفاءة الحرارية لجهاز استقبال الأشعة الشمسية هي وظيفة المعلمات التالية:

- قطر الفتحة ,Dap لعنصر التقاط الإشعاع؛
- القطر الداخلي DCAV لعنصر التقاط الإشعاع؛
- دخول الطاقة q لعنصر التقاط الإشعاع؛
- زاوية الفتحة ، ϑ (أي أكثر الزاوية التي يدخل عندها الإشعاع في عنصر التقاط الإشعاع من المكثف المكافئ المركب)؛
- درجة حرارة T السائل العامل الداخلة في مدخل جهاز استقبال الأشعة الشمسية، و
- معدل التدفق الكلي m للسائل العامل من خلال جهاز استقبال الأشعة الشمسية.

ويمكن التعبير عن الكفاءة الحرارية جهاز استقبال الأشعة الشمسية بأنها نسبة الطاقة المنقولة إلى السائل العامل إلى طاقة الإشعاع الشمسي، كما في المعادلة التالية:

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

حيث أن houtlet و hinlet هما المحتوى الحراري للسائل العامل عند المخرج والمدخل، على التوالي، و

و Toutlet عبارة عن درجة حرارة السائل العامل بعد امتصاصه للطاقة الحرارية من عنصر التقاط الإشعاع 3.

والنسبتان اللتان تؤثران بشكل خاص على الكفاءة الحرارية لجهاز استقبال الأشعة الشمسية هما: أ) نسبة قطر الفتحة ,Dap لعنصر التقاط الإشعاع إلى القطر الداخلي DCAV لعنصر التقاط الإشعاع ، و، ب) نسبة طول عنصر التقاط الإشعاع LCAV إلى قطر الفتحة Dap.

جهاز صغير مثالي لاستقبال الأشعة الشمسية حيث يكون فيه السائل العامل هو الهواء. إذا:

- كان قطر الفتحة Dap 15 ملم،
- كان دخول الطاقة q = 2 كيلووات 0والذي يعادل متوسط تركيز الطاقة Cavg بمقدار 2829 كيلووات / م والتي تدخل عنصر التقاط الإشعاع 3 ويتم توزيعها بشكل متساوي مع زاوية الفتحة ، Θ = 60 درجة،
- كانت درجة الحرارة الداخلة Tinlet = 200 درجة مئوية،
- كان ضغط الهواء الداخل = 5 بار،
- كان معدل التدفق الكلي m في نطاق 1-2 جم/ثانية

عندئذ ستكون درجة الحرارة الخارجة Toutlet في نطاق 780-1260 درجة مئوية،

ويبين الشكلان 6 و 7 رسوم تخطيطية للكفاءة الحرارية جهاز استقبال الأشعة الشمسية، مع معدلات تدفق كلية m في حدود 1-2 جم/ثانية، بوصفها وظيفة لتغيير نسبة قطر الفتحة Dap / القطر الداخلي DCAV (الشكل 6) وتغيير نسبة طول عنصر التقاط الإشعاع LCAV (الشكل 7).

ويبين الشكل 6 أن نسبة قطر الفتحة Dap / القطر الداخلي DCAV المثالية هي حوالي 0.3-0.7، ويفضل أن تكون حوالي 0.4-0.65، أو ما يقرب من 0.5. ويبين الشكل 7 أن نسبة طول عنصر التقاط الإشعاع LCAV / قطر الفتحة Dap المثالية هي حوالي 1.5 – 2.75، ويفضل أن تكون حوالي 1.75-2.25، أو ما يقرب من 2.

وتنطبق نسب قطر الفتحة Dap / القطر الداخلي DCAV وطول عنصر التقاط الإشعاع LCAV على الظروف الأخرى وأجهزة استقبال الأشعة الشمسية الكبيرة أيضاً، فضلاً عن توفير نقط انطلاق جيدة لمزيد من التحسين الهندسي لعنصر التقاط الإشعاع 3. وبالإضافة إلى تعزيز الكفاءة الحرارية لجهاز استقبال الأشعة الشمسية، فإن نسبة قطر الفتحة Dap / القطر الداخلي DCAV الأقل من 1 (مثلما نقول DCAV> Dap) يؤدي إلى مزيد من المزايا.

أ) يتم تخفيف الإشعاع الشمسي الداخل لعنصر التقاط الإشعاع 3 من خلال الفتحة نحو الجدار الداخلي لعنصر التقاط الإشعاع، مما يقلل من التأثير المحلي لأشعة الشمس على جدار عنصر التقاط الإشعاع وبالتالي يقلل من الضغوط الحرارية داخل عنصر التقاط الإشعاع.

وفي هذا السياق، فإن "التخفيف" يعني أن الطاقة التي تدخل من خلال الفتحة (=منطقة تدفق الحرارة X بالفتحة) يتم توزيعها على مساحة واسعة من عنصر التقاط الإشعاع، أي ى يتم تركيز تأثير تسخين الإشعاع كثيراً على جزء واحد من عنصر التقاط الإشعاع.

وكما هو مبين في الشكل 5، فإذا كان القطر الداخلي لعنصر التقاط الإشعاع أكبر من الفتحة A (أي Dap / DCAV<I)، يكون سطح عنصر التقاط الإشعاع الذي تتوزع عليه الطاقة أكبر، وسيكون الحد الأقصى لتدفق الحرارة على طول جدار عنصر التقاط الإشعاع أقل.

وبعبارة أخرى، كما هو مبين على نحو أفضل في الشكل 8، فإن متوسط تدفق الحرارة التي يمتصها جدار عنصر التقاط الإشعاع 3، بوصفها وظيفة للوضع المحوري على طول عنصر التقاط الإشعاع LCAV، يصبح أقل بالقرب من الفتحة A كما أن نسبة DAP / DCAV تصبح أصغر.

ويستند الرسم البياني في الشكل 8 على طاقة الأشعة الشمسية بمقدار 2.24 كيلووات، حيث أن Dap يساوي = 30 ملم (بشرط أن تكون Cavg بمقدار 3160 كيلووات / م ")، LAV / LCAV = 1.5 و زاوية الفتحة ، Θ = 45 درجة.

ب) يتم فصل جدران عنصر التقاط الإشعاع 3 قطرياً من المكثف المكافئ المركب البارد نسبياً، مما يقلل من التدرجات الحرارية بينهما.

وتسبب التدرجات الحرارية ضغط لمواد عنصر التقاط الإشعاع ، وبالتالي الحد من التدرجات الحرارية يقلل من الضغوط الحرارية المرتبطة بها في عنصر التقاط الإشعاع.

وبالإضافة إلى ذلك، يمكن ملء الفجوة القطرية بمادة عازلة وتستخدم لقفل عنصر التقاط الإشعاع.

وفي مثال لإحدى عمليات التجسيد باستخدام إرشادات التحسين أعلاه، يتم اختيار نسبة قطر الفتحة Dap / القطر الداخلي DCAV لتكون 0.5 و 2، على التوالي، ويتم تطبيقها على جهاز استقبال الأشعة الشمسية الذي له قطر فتحة بمقدار 250 ملم، مما يؤدي إلى أن تكون DCAV بمقدار 500 مم و LCAV = 500 ملم.

ويفضل أن يكون دخول الطاقة q بمقدار 100كيلووات (بشرط أن يكون متوسطة تركيز الطاقة بمقدار 2000 كيلووات / م)، والتي تدخل عنصر التقاط الإشعاع 3 مع زاوية بمقدار 60 درجة.

وتكون درجة حرارة السائل العامل حوالي 200 درجة مئوية عند ضغط 10 بار. وتشمل المعلمات الهندسية الأخرى لعنصر التقاط الإشعاع لقناة التدفق 8 والمملوءة بمادة

مسامية P، وسمك جدار عنصر التقاط الإشعاع 3، وسمك الجدار العازل المحيط بالقنـــاة 8. وفي المثال الحالي، يتم تعيين هذه المعلمات عند 10 ملم، 20 ملم، و 100 ملم على التوالي.

ويوضح الشكل 9 بعض النتائج التي تحققت مع المثال أعلاه. ويبين الشـــكل 9 معـــدل التدفق الكلي m للسائل العامل من خلال جهاز استقبال الأشعة الشمسية على نطاق 50 إلـــى 100 جم / ثانية، في مقابل معلمات متعددة وهي:

• درجة الحرارة المطلقة للسائل العامل (الهواء) Toutlet عند مخرج جهـــاز اســـتقبال الأشعة الشمسية؛

• الحد الأقصى للتجويف، ودرجة الحرارة القصوى التي يتعرض لها جـــدار عنصـــر التقاط الإشعاع ؛

• الكفاءة الحرارية لجهاز استقبال الأشعة الشمسية، و

• التغير في ضغط السائل العامل بين مدخل السائل العامل لجهـــاز اســـتقبال الأشـــعة الشمسية ومخرجه.

ويمكن ملاحظة أن Toutlet تقلل من حوالي 1660 درجة K إلى حوالي 1200 درجة K مع زيادة m من 50 إلى 100 جم / ث، في حين تزيد الكفاءة الحرارية من حوالي 77% إلى حوالي 92% خلال نفس النطاق.

وسيتم الآن وصف جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 مع الإشارة إلى الأشكال مـــن 1إلى 4.

وكما سبق ذكره، فإن القناة 8 تحيط بالسطح الخارجي لعنصر التقاط الإشعاع 3.

ويتم تعبئة القناة 8 بمادة تبادل حراري مسامية P ، ويفضل أن تكون في شكل شـــبكية مسامية مصنوعة من السيراميك (RPC)، والتي تسمح بمرور السائل العامل وتوفر وســـيلة للتبادل الحراري بين السطح الخارجي للتجويف 3 والسائل العامل.

ومن المتصور أن يكون السائل العامل على سبيل المثال الهواء، والذي سوف يمر بسهولة من خلال مسام المادة P.

وكما هو مبين بشكل أفضل في الشكل 4، لسهولة التصنيع والتجميع، تتكون المادة المسامية P من مجموعة كتل حلقية بقطر داخلي متطابق مع القطر الخارجي لعنصر التقاط الإشعاع الأسطواني، وكتلة على شكل اسطواني توضع على نهاية مصب القناة 8 وتتاخم النهاية المقببة لعنصر التقاط الإشعاع 3.

وحول القناة 8 ومادة التبادل الحراري المسامية يتم وضع مادة عازلة 31. وتمنع هذه المادة العازلة بشكل مفيد وإلى أقصى حد ممكن فقدان الحرارة من القناة 8 وينبغي أن تشمل مادة لها موصلية منخفضة ونفاذية منخفضة.

وكما هو مبين بشكل أفضل في الشكل 4، يفضل أن تملأ المادة العازلة الفراغ المتبقي بين القناة 8 والمنيم الخارجي 10 لجهاز استقبال الأشعة الشمسية 100.

وفي إحدى عمليات التجسيد، تتكون المادة العازلة من ألياف سيليكات الألومينا ($Al_2O_3-SiO_2$). وهي مادة ذات مسامية عالية بنسبة 80-95% (يتم تعريف المسامية باسم (حجم الفراغ) / (الحجم الإجمالي)).

ويكون قطر الألياف صغير جداً، في حدود 1-10 ميكرومتر، مما يؤدي إلى مسار متعرج للسائل العامل ونفاذية منخفضة في حدود mA2 (10-) 10A.

وحيث أن نفاذية المادة العازلة تتحدد بالحجم الأقل لنفاذية شبكية السيراميك المسامية (mA2 (7-) 10A ~)) فإن السائل العامل (> 99%) يتدفق أساساً من خلال شبكية السيراميك المسامية وليس في المادة العازلة، حيث أن المقاومة عبر شبكية السيراميك المسامية تكون أقل بالمقارنة مع المقاومة عبر المادة العازلة.

ولزيادة نسبة النفاذية بين المادة العازلة وشبكية السيراميك المسامية، وبالتالي منع السائل العامل من دخول المنطقة العازلة فمن الممكن استخدام مادة كثيفة، على سبيل المثال الألومينا الصلبة (Al2O3) على حساب الموصلية الحرارية الأعلى.

وللحصول على كلا الميزتين، وهما نسبة النفاذية العالية والموصلية الحرارية المنخفضة، فمن الممكن استخدام مادة عزل ليفية مع موصلية حرارية منخفضة وإضافة طبقة من مادة عزل كثيفة مع نفاذية منخفضة لفصل مادة العزل الليفية من تدفق الغاز.

ويمكن أن تكون الطبقة طبقة من الأسمنت الخزفي بقاعدة من مواد خزفية تتحمل درجة الحرارة المرتفعة (على سبيل المثال، الألومينا، والسيلينيوم ، والزركيوم، ...) أو مباشرة عن طريق هيكل ذو جدران رقيقة من مادة خزفية مصنوعة من الألومينا أو الزركيوم.

ويتألف المنيم 10 أيضاً من صفيحة بفتحة دائرية 6 ، وإذا لزم الأمر صفيحة ملفوفة 1 من الصلب، والتي تحدد الفتحة 60 التي تتقاطع من قطر أكبر في السطح الخارجي للصفيحة الملفوفة (إن وجدت) إلى قطر أصغر في سطح الصفيحة ذات الفتحة 6 المتاخمة للفتحة A للعنصر 3.

وعند الاستخدام، تتداخل الصفيحة ذات الفتحة 6، أو الصفيحة الملفوفة 1 إن وجدت مع المكثف المكافئ المركب الموضح في الشكل 5 والذي يقوم بتجميع الإشعاع من صف المرايا الشمسية ويوجهها إلى التجويف C من خلال الفتحة 60.

ويتم مراصفة وتحجيم الفتحة 60 للسماح بالدخول مع الفتحة A للتجويف C. ويقوم طوق الضغط المحكم 4 بغلق الوصلة بين الصفيحة ذات الفتحة 6 والشفة الملتفة للخارج 3أ لعنصر التقاط الإشعاع 3.

وتكون الصفيحة الملفوفة 1 ضرورية فقط إذا لم يتم تركيز الإشعاع الشمسي تماماً على المكثف المكافئ المركب. وبالتالي، فإذا كانت موجودة، فإنها تعمل فقط كدرع لانسكاب الإشعاع، أي الإشعاع من صف المرايا الشمسية التي تتراكب مع فم المكثف المكافئ المركب.

ولهذا الغرض يتم تبريد الصفيحة الملفوفة 1 بواسطة دوائر مبردة 2 توضع على سطحها الأمامي، حيث تشمل الدوائر المبردة 2 أنابيب صغيرة مشكلة من مواد موصلة للحرارة مثل النحاس.

ويتم ضخ سائل مبرد، مثل الماء، من خلال الدوائر المبردة 2 لنقل أي حرارة تتراكم في الصفيحة الملفوفة 1 والصفيحة ذات الفتحة 6. ويكون من المفيد نقل هذه الحرارة بعيداً عن الصفيحة ذات الفتحة 6 للمنيم لتجنب التشويه الحراري لها.

ولتسهيل التصنيع، وكما هو موضح بشكل أفضل في الشكل 4، فإن المنيم 10 لجهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 يتألف من جزأين رئيسيين، وهما جزء منيم أمامي 19 وجزء منيم خلفي 20، واللذان يرتبطان معاً في الشفتين الحلقيتين الخاصتين بهما 12 و 21، على التوالي، مع وضع طوق الضغط المحكم الحلقي 13 بينهما.

وبين مكونات المنيم 19 و 20 يتم وضع وحدة تخزين داخلية والتي يتم تحجيمها وتكوينها لاستقبال عنصر التقاط الإشعاع 3، والقناة المحيطة به 8، وقناة خروج السائل العامل 74، وطبقة العزل 31 للحد من الخسائر الحرارية في القناة 8 والقناة 74.

وفي التكوين المثالي الذي يتضح في الأشكال 1أ و 4، فإن جزء القناة قمعي الشكل 76 يستقبل السائل العامل الساخن من شبكية مسامية مصنوعة من السيراميك (RPC) P في نهاية المصب من القناة 8 وقناة الخروج 74 ثم ينقله إلى محطة والتي يمكن استخدام الطاقة المتولدة منها، مثل توربين غاز.

ويتم استيعاب جزء من منبع القناة 74 داخل عنصر المنيم 20 واستيعاب جزء من مصب القناة 74 داخل الملحق الاسطواني 22 لعنصر المنيم 20.

ويفضل أن تنتهي القناة 74 والملحق 22 في مخرج (لا يظهر) للاتصال بمدخل نظام إنتاج الطاقة، مثل توربين غاز.

وكما هو موضح في طلب براءة الاختراع الخاص بنا T10/037-0_GB والمعلق حتى موعد الحصول على براءة الاختراع الحالية، يفضل أن يتم تخصيص الانتقال من قناة التدفق 8 إلى داخل قناة الخروج 74 من خلال المحافظة على منطقة تدفق مستمر للحد من الخسائر في ضغط تدفق السائل العامل بينهما،

ومن المتصور أن تصنيع مكونات المنيم 19 و 20 والملحق 22 من صفائح من الصلب.

ويفضل تأمين غلق الملحق 22 بجزء المنيم 20 بواسطة اللحام، على الرغم من أية وسيلة قوية أخرى لتأمين الغلق بين المكونات ستكون مناسبة.

ويضم جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 أيضاً عدد وافر من نقاط الوصول والتي يمكن من خلالها إدخال مجسات لرصد حالة جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100.

على سبيل المثال، قد توفر نقطة الوصول الأولى 25 وسيلة لإدخال جهاز قياس حراري في ملحق المنيم 22، لقياس درجة حرارة السائل العامل، في حين أن نقطة الوصول الثانية 26 قد تسمح بقياس درجة الحرارة الخارجية لعنصر التقاط الإشعاع 3 .

وقد يتم توجيه السائل العامل إلى جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 من خلال واحدة أو أكثر من، على سبيل المثال ثلاثة، قنوات التدفق 70 (انظر الشكل 4) المتوفرة في شكل صفيحة بفتحة اسطوانية الشكل 6، والتي تتم تغذية كل منها بواسطة أنبوب دخول 41 للاتصال بمصدر الضغط للسائل العامل.

ويفضل توجيه كل أنبوب دخول 41 قطرياً وبشكل متباعد وبالتساوي حول التجويف الخارجي الحلقي 72 في حافة الصفيحة ذات الفتحة 6 لجهاز استقبال الأشعة الشمسية 100.

وقد يأخذ مصدر السائل العامل المضغوط على سبيل المثال شكل نظام ضخ أو خـزان ضغط. ويمكن تثبيت أنابيب الدخول 41 في الصـفيحة ذات الفتحـة 6 بواسـطة اللحـام أو الضغط، على سبيل المثال لتوفير قفل محكم الضغط.

وكما هو مبين بشكل أفضل في المقطع العرضي في الشكل 4، فإن كل قناة تـدفق 70 تكون من خلال حامل يمتد قطرياً بشكل كبير من خلال الصفيحة ذات الفتحة 6 وينتهي فـي الفتحة 50 كما هو مبين بشكل أفضل في الشكلين 2 و 3.

وكل فتحة 50 تفتح في تجويف دائري داخلي للصفيحة ذات الفتحة 6، حيـث يشـكل التجويف غرفة 62 بين الصفيحة ذات الفتحة 6، وحلقة ربط 7 وعنصر التقاط الإشـعاع 3، كما هو موضح بمزيد من التفصيل أدناه.

وفي عملية التجسيد المصورة، يتم تحديد كل فتحة 50 في ركـن التجويـف المشـكل بواسطة تقاطع الجدار الجانبي الاسطواني 64 للتجويف وسطح نهايته الحلقية 65.

وبهذه الطريقة، فإن جزء الفتحة 50 المحددة في الجدار 64، جنباً إلى جنب مع جـزء الفتحة 50 المحددة في سطح النهاية 65، يوفر مساحة مقطعية كبيرة مناسب لتسهيل التـدفق الكاف للسائل العامل بينها.

ويتم تشكيل الفتحة 60 مركزياً في الصفيحة ذات الفتحة 6، ولها حافـة مشـطوفة 66 مزوية بحيث تضيق الفتحة 60 وهي تقترب من فتحة A التجويف C.

وفي أصغر قطر لها، يتم تحجيم الفتحة 60 لتتداخل مع الفتحة المشكلة في الطـوق 4، والتي تقع بين الصفيحة ذات الفتحة 6 والشفة الملتفة للخارج 3أ لعنصر التقاط الإشـعاع 3، انظر الشكل 3.

ويتم وضع عدد وافر من (على سبيل المثال 12) التجاويف الخيطية المعتمة بالتساوي حول الصفيحة ذات الفتحة 6 في إزاحة قطرية ثابتة من الجدار الداخلي 64 لاستقبال مجموعة

المسامير 56 أو ما شابه ذلك لتأمين المشبك 7 مع الجزء الخلفي للصفيحة ذات الفتحة 6، ويتم وضع المشبك 7 مقابل التجويف لاستقبال أطراف المسامير 56.

ويتم اختيار مواقع هذه التجاويف لتجنب اختراق قنوات التدفق 70 التي تمر قطرياً من خلال الصفيحة ذات الفتحة 6.

وكما هو موضح بشكل خاص في الأشكال 2أ و 2ب و 3، فإن المشبك 7 عبارة عن حلقة مع قطر خارجي D وتجويف داخلي 71 للقطر D.

ومع ذلك، فقد تم تعديله من خلال (أ) تشكيل تجويف غاطس قصير 68 للقطر d1 في الجانب الأمامي من المشبك 7، ويكون القطر d1 أكبر من القطر D لعمل شفة ممتدة للداخل 69، و (ب) تشكيل عدد وافر من (على سبيل المثال 6) الفجوات المتباعدة بالتساوي أو دوائر 54 في الجهة الأمامية للشفة 69.

وتكون الدوائر 54 مستطيلة أو مربعة بشكل عام عندما ينظر إليها من الأمام أو من جوانبها الداخلية القطرية المفتوحة لداخل التجويف 71 من المشبك 7.

وكما هو موضح في الشكلين 3 و 4، عندما يتم تأمين المشبك 7 إلى الصفيحة ذات الفتحة 6، فإن الدوائر 54 تتصل بين الغرفة 62 وقناة التدفق 8 المحيطة بعنصر التقاط الإشعاع 3، وتقوم الشفة 69 للمشبك 7 بتحويل الشفة 3أ من عنصر التقاط الإشعاع 3 في مقابل الجهة الخلفية من الصفيحة ذات الفتحة، مع تداخل الفتحات A و 60 مع بعضها البعض.

ويتم ترتيب الدوائر 54 لكل فتحة 50 محددة في الصفيحة ذات الفتحة 6 بالتباعد على مسافة واحدة من الدوائر المجاورة 54. ويكون هذا الترتيب على مسافة واحدة مفيداً من حيث أنه يوفر تدفق السائل العامل الذي سيتم تقاسمه بالتساوي بين الدوائر 54.

وفي عملية التجسيد المصورة على سبيل المثال، فإن الصفيحة ذات الفتحة 6 للمنيم تضم ثلاث فتحات 50، ويوفر المشبك 7 ستة دوائر 54، وتتباعد كل فتحة بالتساوي من الدائرتين المتاخمتين لها 54.

ويتم تشكيل المشبك 7 على نحو مفيد من مادة قادرة على تحمل درجات الحرارة العالية. وتكون إحدى هذه المواد المناسبة هي سبائك ®Inconel من النيكل والكروم والتي تعتبر مفيدة بشكل خاص في التطبيقات ذات درجات الحرارة العالية كما أن لديها نقطة انصهار أكثر من 1300 درجة مئوية.

ويتم توفير الطوق 4 لضمان وجود قفل محكم الضغط بين السطح الأمامي للشفة 3أ من العنصر 3 والسطح الخلفي من الصفيحة ذات الفتحة 6.

ويفضل تشكيل الطوق 4 من الجرافيت، وذلك بسبب مقاومته لدرجات الحرارة المرتفعة والانضغاطية العالية التي تمكنه من الغلق في الضغوط العالية.

ويتم وضع طوق آخر 5 بين الجزء الطرفي للشفة 3أ للعنصر 3 والجزء الأمامي للشفة 69 من المشبك 7.

ويكون لهذا الطوق 5 نفس القطر الخارجي للطوق 4، ولكن يكون قطره الداخلي أكبر.

وفي عملية التجسيد المبينة، فإن الطوق 5 يمتد عبر أجزاء الدوائر 54 المشكلة في شفة 69 المشبك 7، ولكن دون عرقلة تدفق السائل العامل لأن القطر الخارجي للطوق 5 يكون أقل من قطر تجويف 68 المشبك 7.

وكما هو موضح سابقاً، يتم تحديد الكفاءة الحرارية لعنصر التقاط الإشعاع عندما تتراوح نسبة قطر الفتحة A لعنصر التقاط الإشعاع إلى قطر الجدران الاسطوانية لعنصر التقاط الإشعاع من حوالي 0.3 إلى حوالي 0.7، ويفضل من حوالي 0.4 إلى حوالي 0.65، أو ما يقرب من 0.5.

ويمكن تحقيق هذه النسب عن طريق السماح للمكثف المكافئ المركب (الشكل 5) بتحديد فتحة استقبال الإشعاع A من عنصر التقاط الإشعاع. وحيث أن النسبة الأعلى من الأقطار تقل عن القيمة 1، فيتم تقليل كثافة الإشعاع على جدار عنصر التقاط الإشعاع 3 بالقرب من الفتحة A، مما يقلل الضغوط الحرارية على أجزاء الاتصال عنصر التقاط الإشعاع 3 والصفيحة ذات الفتحة 6 للمنيم، وذلك للمساعدة في الحفاظ على القفل محكم الضغط بينها.

وقد تم توضيح التركيب الكامل للصفيحة ذات الفتحة 6، والطوق 4، وعنصر التقاط الإشعاع 3، والطوق 5 و المشبك 7 على نحو أفضل في الشكل 3.

ثم تم دمج هذا التركيب لعنصر التقاط الإشعاع مع المنيم 10 والمكونات المرتبطة به، بحيث تصبح الصفيحة ذات الفتحة 6 جزءاً من المنيم.

ويتم تحقيق ذلك عن طريق إدخال عنصر التقاط الإشعاع 3 في تجويف محجم بالكامل في المادة المسامية P لتشكيل القناة 8، كما هو مبين في الشكل 4. وينغلق المشبك 7 أيضاً خلال التجويف المشكل في السطح الأمامي للمادة العازلة 31. وبالتالي، فإن عنصر التقاط الإشعاع المبين في الشكل 3 يكمل الجانب الأمامي من المنيم.

ولتأمين الصفيحة ذات الفتحة 6 بالجزء الأمامي من المنيم 19، يتم وضع صواميل 59 أو ما شابه بين مجموعة (على سبيل المثال 12) من التجاويف المتباعدة بالتساوي 58 في الشفة الطرفية للصفيحة ذات الفتحة ويتم ربطها في التجاويف المقابلة للشفة 11 من الجزء الأمامي للمنيم 19.

ويتم وضع طوق آخر من الجرافيت 9 بين الصفيحة ذات الفتحة 6 والشفة 11.

ويبين الشكلين 3 و 4 مسار تدفق السائل العامل المضغوط من أنابيب الدخول 41 إلى قناة الخروج 74، عبر التجاويف70 في الصفيحة ذات الفتحة 6 والدوائر 62 و 54، والمادة المسامية P في القناة 8.

وتزيد درجات حرارة السائل العامل من خلال نقل الحرارة من هيكل المادة المسامية P.

ونقل الحرارة هذا يبرد المادة المسامية والتي تقوم بدورها بامتصاص الحرارة من سطح عنصر التقاط الحرارة 3.

ويكون تأثير التبريد على العنصر 3 قريب جداً من فتحة التقاط الإشعاع A، حيث يكون الفرق في درجة الحرارة بين السائل العامل والعنصر 3 أكبر بكثير.

ويجوز ضغط السائل العامل على سبيل المثال إلى حوالي 10 ميجا باسكال، وهو ضغط معتدل ومفيدة لدفع توربين غاز بسيط.

وعندما تصبح الضغوط ودرجات الحرارة أعلى، فيكون من الصعب الحفاظ على الضغط المحكم للقفل بين العنصر 3 والهيكل المتاخم لجهاز استقبال الأشعة الشمسية.

وهكذا، فإن ربط الشفة 3أ من العنصر 3 باستخدام أطواق الجرافيت بالطريقة المبينة أعلاه هو مفيد من حيث أنه يسمح بالتمدد الحراري الطولي للعنصر 3 أثناء الاستخدام ويسمح أيضاً بتمدد حراري قطري محدود للشفة 3أ بدون المساس بالأقفال التي صنعتها الأطواق 4 و 5.

ويمكن تيسير الانتشار الحراري المحدود للشفة 3أ حيث أنها تسخن مع ارتفاع درجات الحرارة من خلال تطبيق معروف لمواجهة ارتفاع درجة الحرارة في أطواق الجرافيت لخفض معامل الاحتكاك الخاص بها.

ومع ذلك، من المهم أيضاً أن نلاحظ أن اصطدام السائل العامل على المحيط الخارجي للشفة 3أ، ومروره من خلال الدوائر المتعددة 54 وتحت السطح الخلفي للشفة 3أ ، والاصطدام التالي على الجزء الأمامي للسطح الخارجي لعنصر التقاط الإشعاع 3، يخلق تأثير تبريد موحد إلى حد كبير على المحيط الخارجي للشفة 3أ وعلى المحيط الخارجي للجزء

الأمامي من العنصر 3، وبالتالي يخفض بشكل كبير من درجة الحرارة في الجزء الأمامي للعنصر 3. وهذا لا يقلل فقط من الضغوط الحرارية والميكانيكية في الشفة 3أ، بل يقلل أيضاً من فقدان الإشعاع من خلال الفتحة A.

ومن المهم بعد تسخين السائل العامل عند مروره من خلال المادة المسامية في القناة 8 وخروجه من جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 من خلال قناة الخروج 74، أن يذهب مباشرة إلى مكونات أخرى من نظام توليد الطاقة.

وبالتالي يمكن تغذيته مباشرة إلى توربين غاز، أو بدلاً من ذلك قد يتم تغذيته في نظام احتراق لمزيد من التسخين قبل أن يتم تمريره إلى توربين الغاز.

وبعد ذهابه لتوربين الغاز قد يخضع لعملية التبادل الحراري مع سائل عامل ثاني، ويفضل الماء لتوليد البخار لاستخدامه لاحقاً في نظام توليد فرعي للطاقة مثل توربين بخار.

ويعمل كلا نظامي توليد الطاقة معاً لإنتاج الطاقة. وبعد أن يتم التبادل الحراري مع السائل العامل الثاني، فقد يتم تنفيس السائل العامل الأول، على الأقل في الجو، إلى الغلاف الجوي.

وبدلاً من ذلك، فإذا تم استخدام غاز أكثر تكلفة مثل الهيليوم،، فقد يتم تمريره مرة أخرى عن طريق نظام ضخ إلى أنابيب الدخول 41 في جهاز استقبال الأشعة الشمسية 100 لدورة أخرى من دورات التسخين الشمسي.

ويمكن إجراء تغييرات مختلفة ضمن نطاق الكشف الحالي، على سبيل المثال، قد يتم تغيير حجم وشكل مختلف عناصر جهاز استقبال الأشعة الشمسية حسب الاقتضاء، ويمكن تحجيم جهاز استقبال الأشعة الشمسية بأكمله لأعلى أو لأسفل حسب الاقتضاء.

ومن المتصور كذلك تشكيل عنصر التقاط الإشعاع من مادة مختلفة من كربيد السيليكون، مثل سبيكة مقاومة للحرارة. وهذا سيوفر زيادة في القوة الهيكلية، ولكن على

حساب التوصيل الحراري الأقل ودرجة حرارة التشغيل، وهذا يعني أن كفاءة جهاز استقبال الأشعة الشمسية ستنخفض مقارنة بالتجويف المشكل من كربيد السيليكون.

وفي عملية تجسيد بديلة، من المتصور تشكيل الفتحات 50 تماماً سواء في جدار التجويف 64 أو سطح نهايته الحلقية 65 على النحو المطلوب، من خلال تعديل الطريقة التي تخترق فيها القنوات 70 الصفيحة ذات الفتحة 6، وتغيير سمك الصفيحة ذات الفتحة 6 حسب الاقتضاء.

وفي الوقت الحالي، نفضل توجيه القنوات 70 قطرياً بشكل كبير في الصفيحة ذات الفتحة 6. ومع ذلك، فيجوز تغيير توجيه القنوات 70 والدوائر 54 بحيث توجه التدفق بالطريقة التي تنتج تدفق يشبه الدوامة حول الجزء الأمامي لعنصر التقاط الإشعاع 3، وبالتالي زيادة تأثير التبريد.

وكما ذكر سابقاً، قد يتم حذف الصفيحة الملفوفة 1 بحيث يتم خفض أو عدم إتاحة أي فرصة لتسرب الإشعاع. ومن المتصور كذلك أن تكون الصفيحة ذات الفتحة للمنيم مبردة بالماء ومشكلة من الألومينا.

وعلى الرغم من أن الوصف الوارد أعلاه قد ركز على استخدام أطواق الجرافيت، فسيكون من الممكن بدلاً من ذلك تشكيلها من ألياف السيراميك (على سبيل المثال،، الألومينا Al2O3)، أو من سبيكة فائقة من النيكل مثل Inconel®.

ومن المتصور كذلك تشكيل القناة 8 من مادة مسامية P مباشرة على السطح الخارجي للعنصر 3، بدلاً من تشكيلها بشكل منفصل ووضعها في مادة عازلة 31 قبل دخول العنصر 3 فيها.

وقد ورد ذكر الهيليوم أعلاه باعتباره سائل عامل بديل، وذلك لأن الهيليوم لديه معامل نقل للحرارة أعلى من الهواء ونفس معدلات التدفق، والذي يؤدي إلى كفاءة حرارية أعلى قليلاً لانخفاض الضغط المساوي.

ومن المفهوم أن إشارات الاتجاهات مثل "نهاية"، "جانب"، "داخلي"، "خارجي"، "أمامي" و "خلفي" لا تحد من الخصائص الخاصة بهذا التوجيه، ولكنها تعمل فقط على تمييز هذه الخصائص عن بعضها البعض.

عناصر الحماية

1- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع الشمسي يمر من خلال فتحة استقبال الإشعاع في تجويف يتكون من عنصر لالتقاط الإشعاع، ويكون للفتحة قطر أول والتجويف له جدران اسطوانية بقطر ثاني، ويكون القطر الثاني أكبر من القطر الأول.

2- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 1حيث يكون طول التجويف أكبر من القطر الأول.

3- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 1 أو 2 حيث أن نسبة القطر الأول إلى القطر الثاني تتراوح بين: أ) حوالي 0.3 إلى حوالي 0.7؛ أو ب) من حوالي 0.4 إلى حوالي 0.65؛ أو ج) حوالي 0.5.

4- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث أن نسبة طول التجويف إلى القطر الأول تتراوح بين: أ) حوالي 1.5 إلى حوالي 2.75؛ أو ب) من حوالي 1.75 إلى حوالي 2.25؛ أو ج) حوالي 2.

5- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث يتم تشكيل عنصر التقاط الإشعاع من مادة غير مسامية قادرة على تحمل درجات الحرارة بمقدار 1000 درجة مئوية على الأقل.

6- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث يتم تشكيل عنصر التقاط الإشعاع من كربيد السيليكون.

7- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث أن التجويف له نهاية محدبة مقببة للخارج في مقابل الفتحة.

8- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث يشمل أيضاً قناة تدفق حول عنصر التقاط الإشعاع، حيث يمر من خلال قناة التدفق هذه سائل عامل مضغوط أثناء تشغيل جهاز استقبال الأشعة الشمسية لامتصاص الطاقة الحرارية من عنصر التقاط الإشعاع.

9- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 8 حيث يتم ملء القناة بمادة مسامية والتي تدفق من خلالها السائل العامل حيث تتصل المادة المسامية بعنصر التقاط الإشعاع، وحيث يمتص السائل العامل جزء على الأقل من الطاقة الحرارية المذكورة عن طريق المادة المسامية.

10- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 9 حيث تكون المادة المسامية غلاف مسامي من الخزف.

11- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 9 أو 10 حيث تشمل المادة المسامية كربيد السيليكون.

12- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعناصر الحماية من 8 إلى 11 حيث يتم عمل مدخل لقناة التدفق ليدفع السائل العامل على المحيط الخارجي للجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع بالقرب من فتحة استقبال الإشعاع، حيث أن تبريد المحيط الخارجي للجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع بواسطة السائل العامل يقلل من خروج إشعاع الطاقة الملتقط من خلال الفتحة.

13- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث يشمل أيضاً منيم لعنصر التقاط الإشعاع، ويكون لعنصر التقاط الإشعاع شفة تمتد خارجياً لتأمين العنصر في مقابل جزء من المنيم بطريقة الضغط المحكم.

14- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 13 حيث يتم تأمين الشفة الممتدة خارجياً في مقابل جزء المنيم بواسطة مشبك.

15- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 14 حيث أنه لتسهيل الضغط المحكم يتم وضع طوق بين واحد أو كلاً من: أ) الشفة والمنيم؛ و ب) الشفة والمشبك.

16- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 13 إلى 15 اعتماداً على عنصر الحماية رقم 12 حيث يشمل مسار تدفق للسائل العامل بحيث يؤثر السائل العامل على المحيط الخارجي للشفة الممتدة للخارج لتبريدها.

17- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية رقم 12 أو 16 حيث يقوم مسار التدفق بتوجيه السائل العامل لإنشاء تأثير تبريد موحد أساساً على الجزء الأمامي من عنصر التقاط الإشعاع، وبالتالي تخفيف الضغوط المرتبطة بالتدرجات الحرارية.

18- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة حيث يتم دمج قناة التدفق حول عنصر التقاط الإشعاع مع قناة خروج السائل العامل لجهاز استقبال الأشعة الشمسية.

19- جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 8 إلى 18 حيث يكون السائل العامل هو الهواء أو الهيليوم.

20- نظام لتوليد الطاقة الشمسية يضم جهاز استقبال واحد على الأقل وفقاً لأي من عناصر الحماية من 8 إلى 19، بحيث يتم دمج مخرج أو كل قناة تدفق حول عنصر التقاط الإشعاع بمكونات محطة توليد طاقة أخرى.

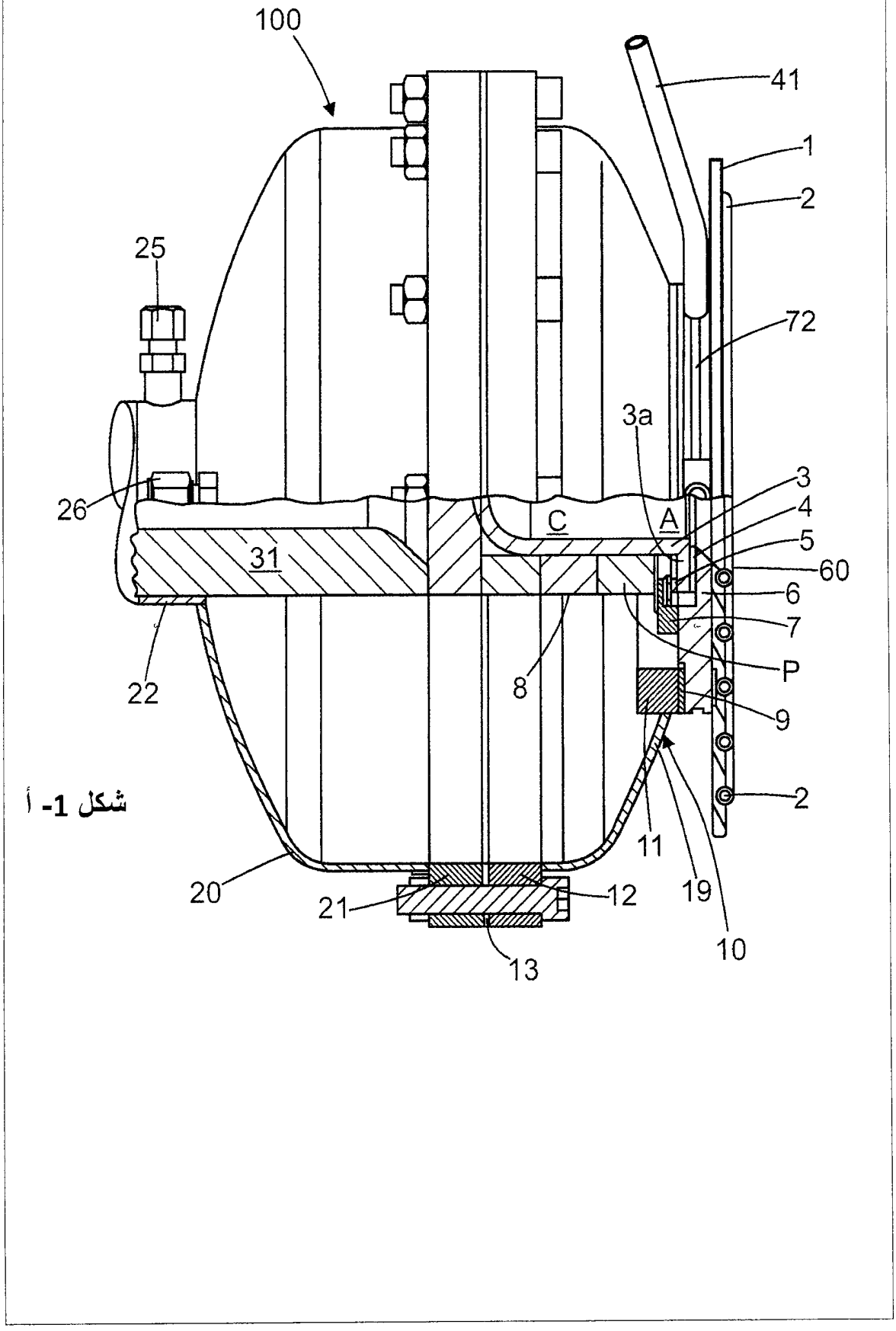
21- نظام لتوليد الطاقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 20 حيث تكون محطة توليد الطاقة الأخرى توربين غاز.

22- نظام لتوليد الطاقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 16 حيث تكون مكونات محطة توليد الطاقة الأخرى مادة احتراق لمزيد من التسخين للسائل العامل قبل أن يتم تمرير السائل العامل لتوربين الغاز.

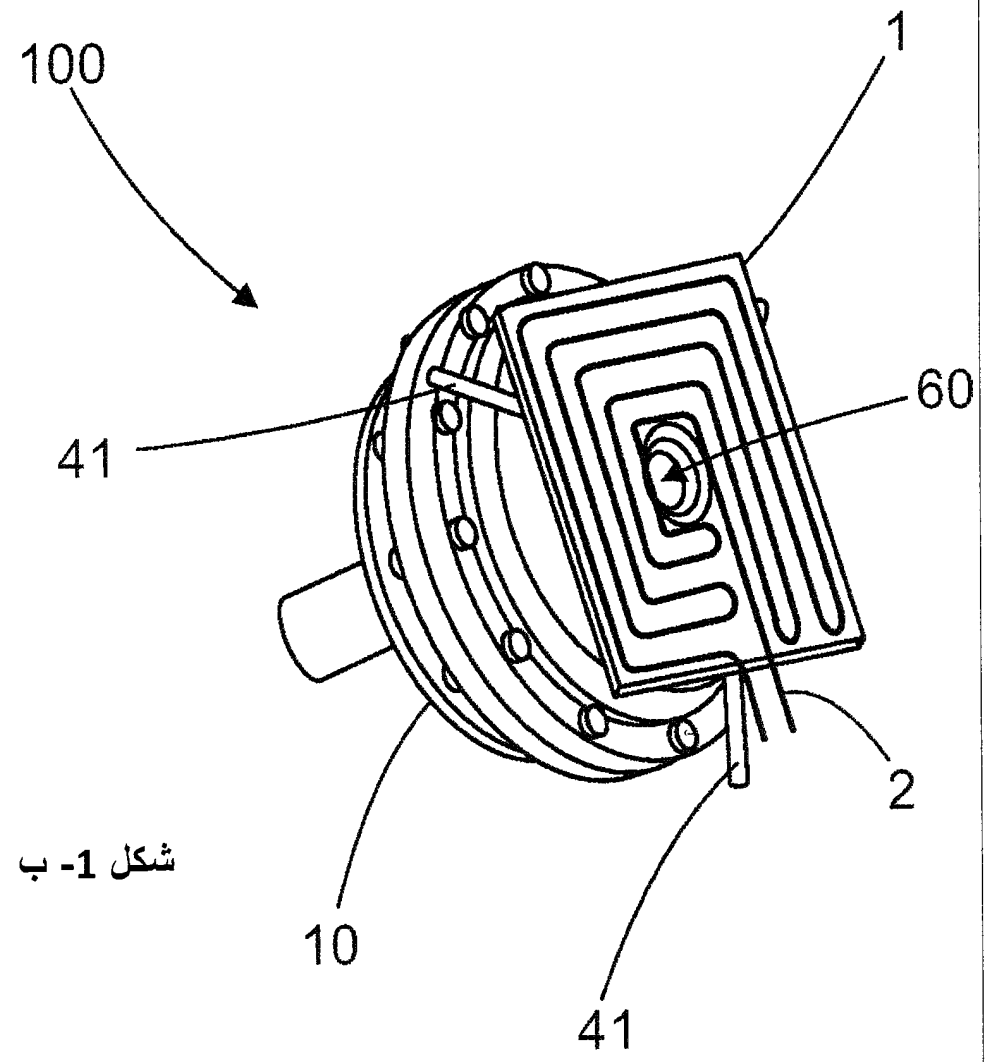
23- نظام لتوليد الطاقة وفقاً لأي من عناصر الحماية من 20 إلى 22 حيث يشمل عدة أجهزة استقبال للأشعة الشمسية لتغذية مخرجات السائل العامل بالتوازي مع مكونات محطة توليد الطاقة الأخرى.

24 - جهاز لاستقبال الأشعة الشمسية كما هو موضح هنا مع الإشارة إلى و/أو كما هو موضح في الأشكال المرفقة.

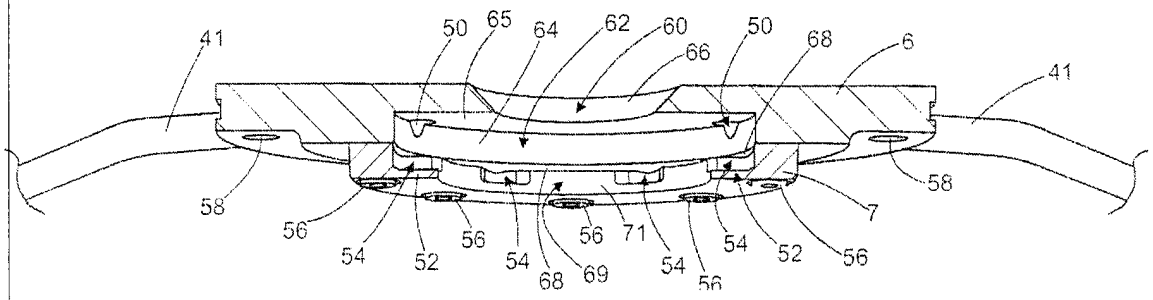
25- نظام لتوليد الطاقة كما هو موضح هنا مع الإشارة إلى و/أو كما هو موضح في الأشكال المرفقة.



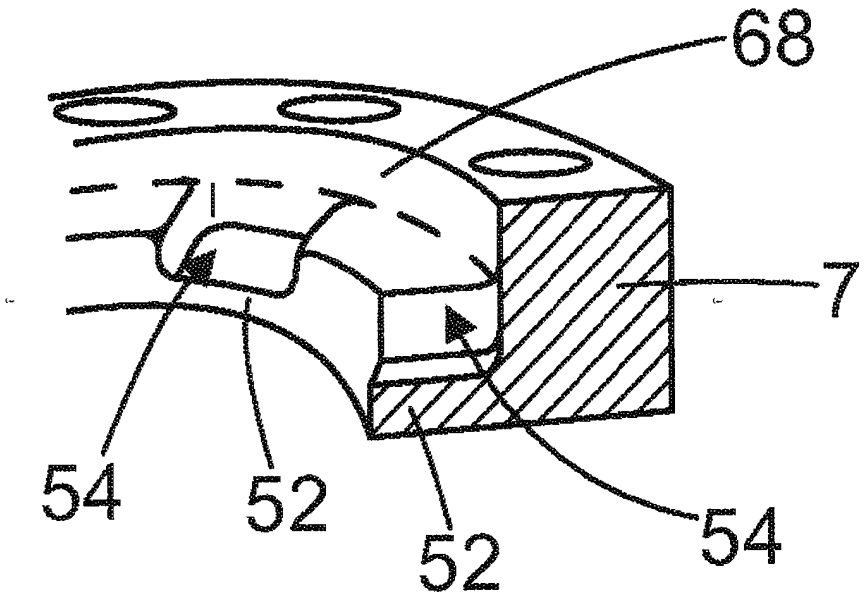
شكل 1- أ



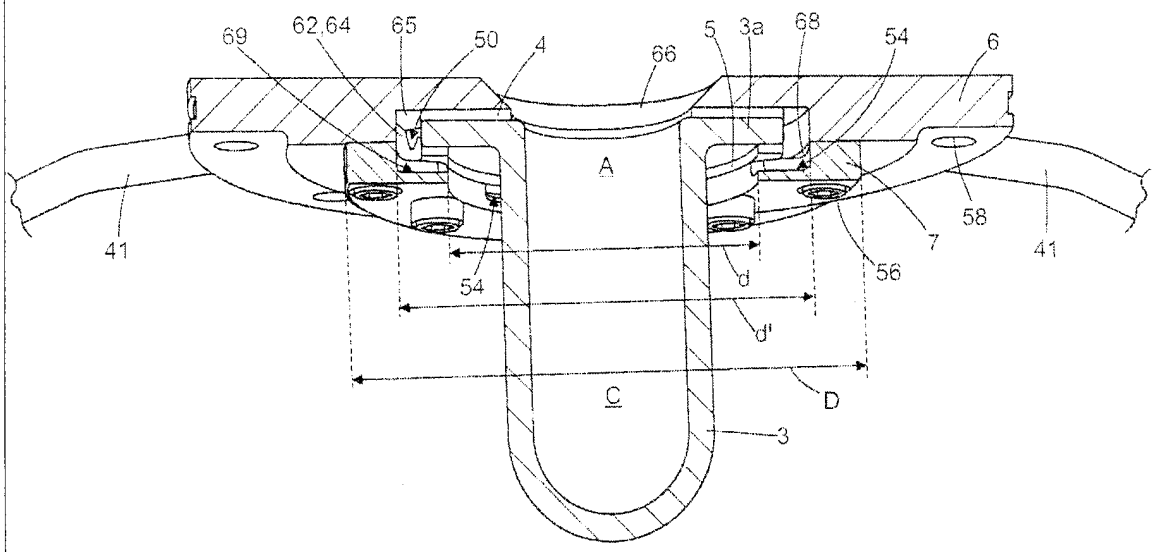
شكل 1- ب


41
50
65
64
62
60
66
50
68
6
41
58
58
56
54
52
56
54
68
69
56
71
54
56
54
52
56
7

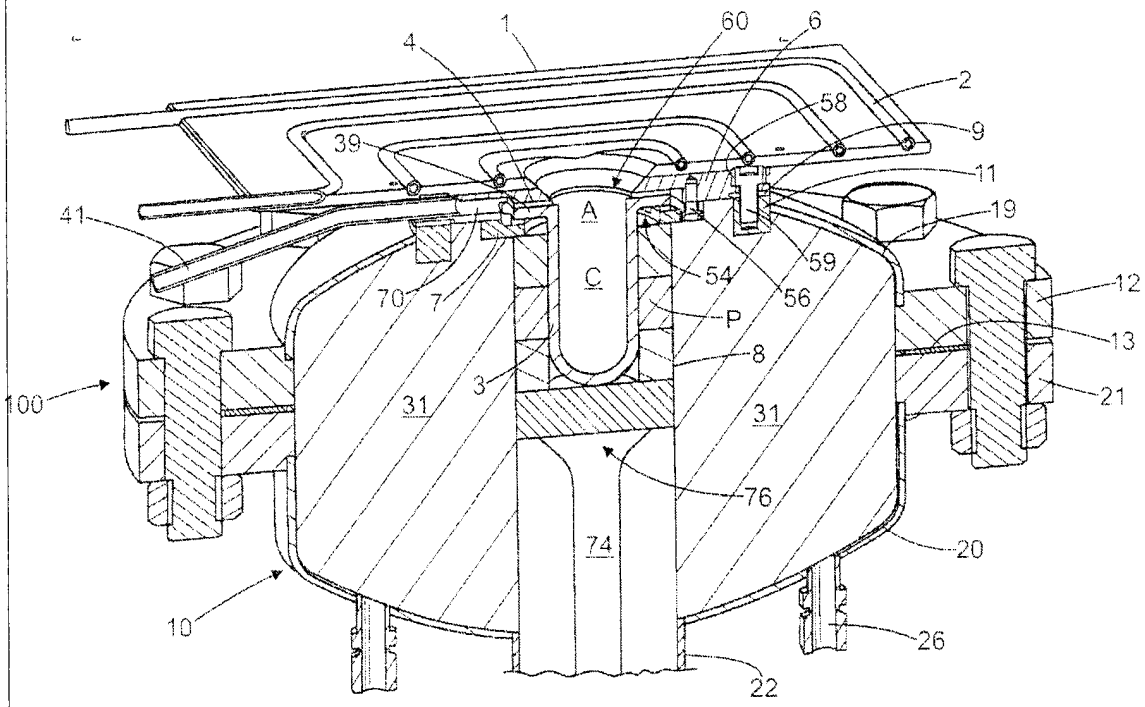
شكل 2- أ


68
7
54
52
52
54

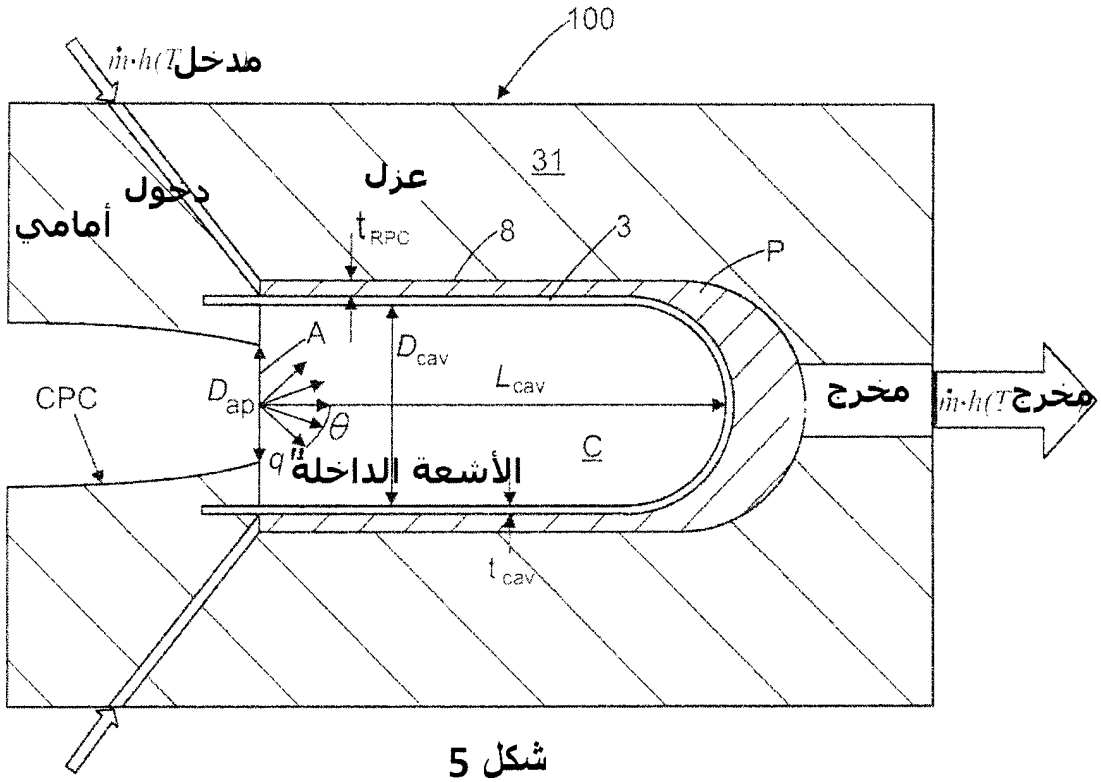
شكل 2- ب


69
62,64
65
50
4
66
5
3a
68
54
6
A
41
58
7
56
41
54
d
d'
C
D
3

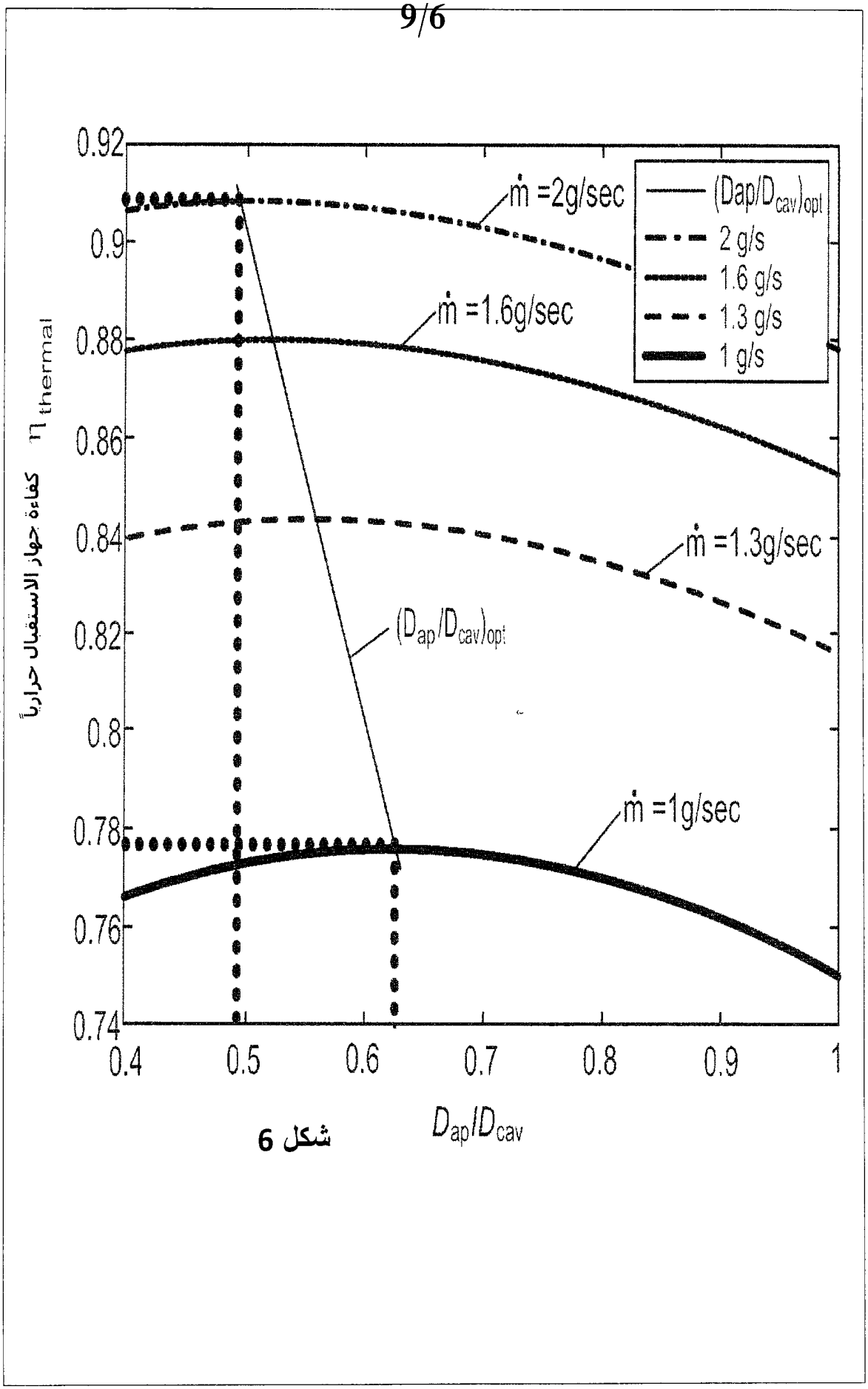
شكل 3


1
60
6
4
2
58
9
39
11
41
A
19
C
54
59
70
7
56
12
P
13
8
100
3
31
31
21
76
74
20
10
26
22

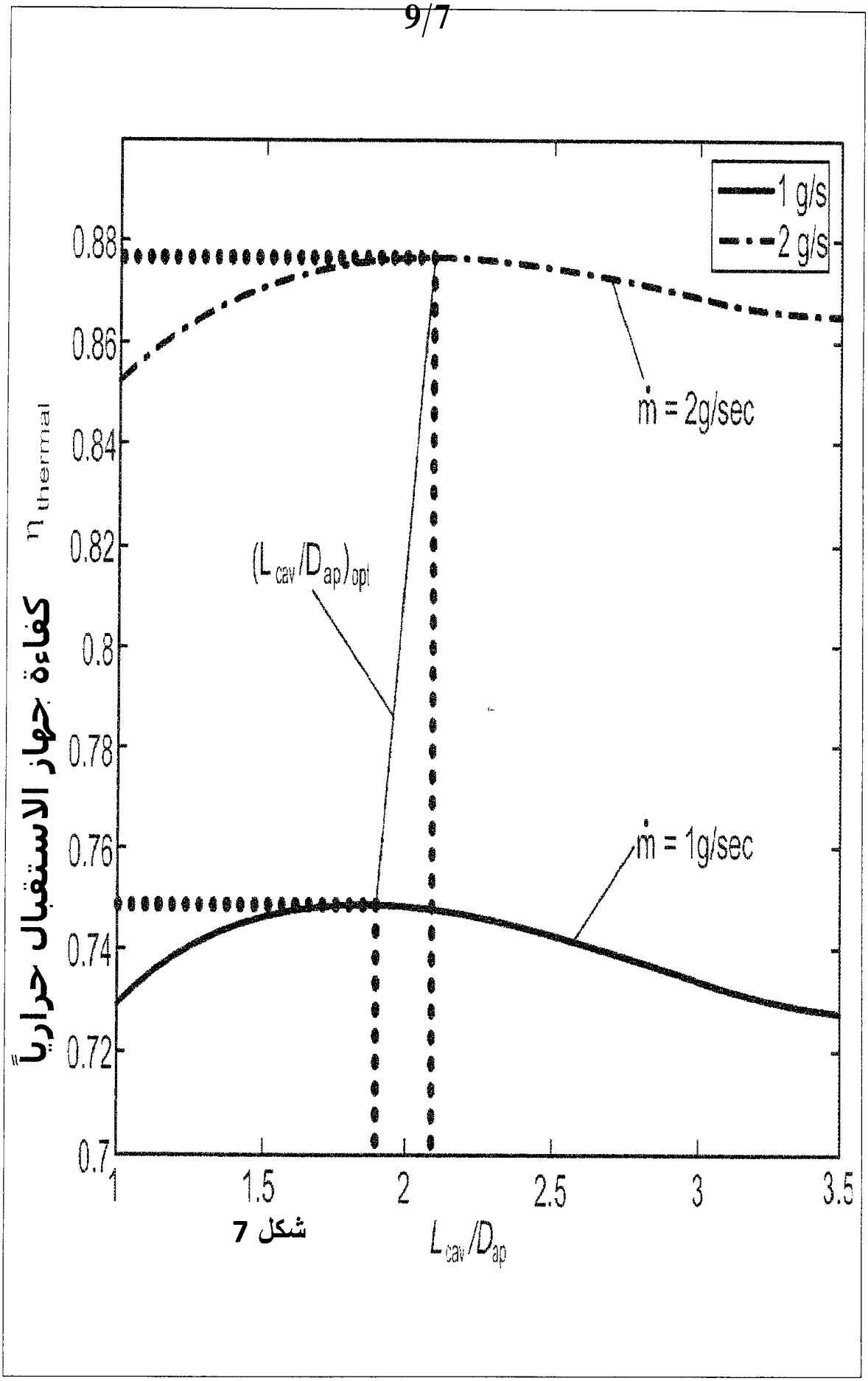
شكل 4


100
مدخل
عزل
31
دخول
أمامي
t_{RPC}
8
3
P
A
D_{cav}
L_{cav}
CPC
D_{ap}
θ
مخرج
مخرج
C
الأشعة الداخلة
t_{cav}

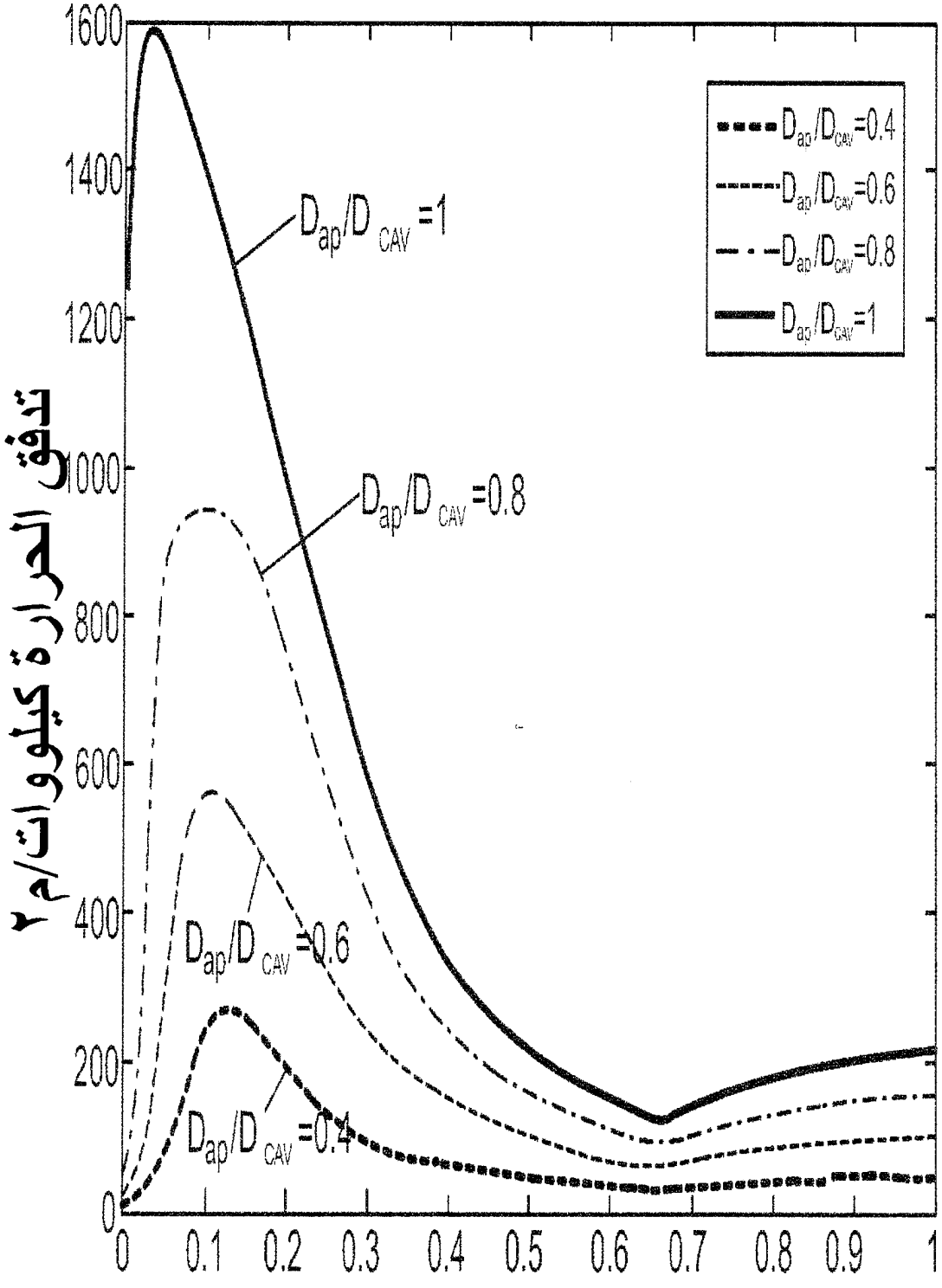
شكل 5


0.92
0.9
0.88
0.86
0.84
0.82
0.8
0.78
0.76
0.74
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
ṁ =2g/sec
ṁ =1.6g/sec
ṁ =1.3g/sec
ṁ =1g/sec
(Dap/Dcav)opt
2 g/s
1.6 g/s
1.3 g/s
1 g/s
(Dap/Dcav)opt
η thermal
كفاءة جهاز الاستقبال حرارياً
Dap/Dcav

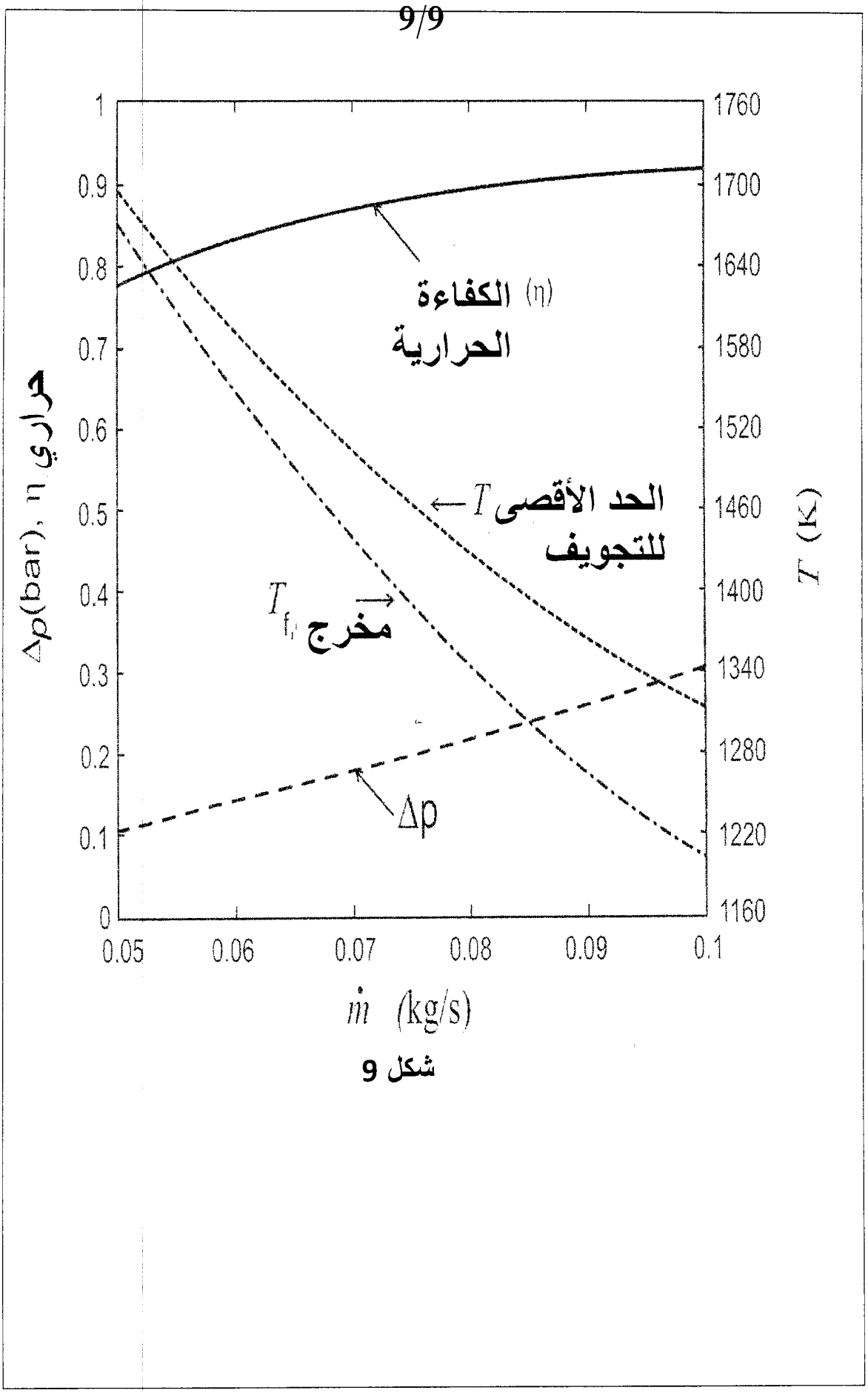
شكل 6


1 g/s
2 g/s
0.88
0.86
0.84
0.82
0.8
0.78
0.76
0.74
0.72
0.7
$\eta_{thermal}$
كفاءة جهاز الاستقبال حرارياً
$\dot{m}$ = 2g/sec
$(L_{cav}/D_{ap})_{opt}$
$\dot{m}$ = 1g/sec
1
1.5
2
2.5
3
3.5
L_{cav}/D_{ap}

شكل 7


1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1
تدفق الحرارة كيلووات/م٢
محور التجويف x/L CAV
Dap/D CAV =1
Dap/D CAV =0.8
Dap/D CAV =0.6
Dap/D CAV =0.4
Dap/DCAV=0.4
Dap/DCAV=0.6
Dap/DCAV=0.8
Dap/DCAV=1

شكل 8


الكفاءة الحرارية (η)
الحد الأقصى للتجويف ← T
مخرج ← T_{f_i}
Δp
مردود حراري η ، Δp(bar)
T (K)
$\dot{m}$ (kg/s)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
1760
1700
1640
1580
1520
1460
1400
1340
1280
1220
1160
0.05
0.06
0.07
0.08
0.09
0.1

شكل 9