

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 303736-RY	FOR FURTHER ACTION		See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/IL2023/050808	International filing date (day/month/year) 03.08.2023	Priority date (day/month/year) 04.08.2022	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC INV. F01K25/06			
Applicant TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT FOUNDATION LIMITED			
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☒ a total of <u>14</u> sheets, as follows: ☒ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority, unless those sheets were superseded or cancelled, and any accompanying letters (see Rules 46.5, 66.8, 70.16, 91.2, and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets containing rectifications, where the decision was made by this Authority not to take them into account because they were not authorized by or notified to this Authority at the time when this Authority began to draw up this report, and any accompanying letters (Rules 66.4bis, 70.2(e), 70.16 and 91.2). ☐ superseded sheets and any accompanying letters, where this Authority either considers that the superseding sheets contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, or the superseding sheets were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box (see Rule 70.16(b)). b. ☐ a separate electronic file containing a sequence listing (<i>sent to the International Bureau only</i>)			
4. This report contains indications relating to the following items: ☒ Box No. I Basis of the report ☐ Box No. II Priority ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability ☐ Box No. IV Lack of unity of invention ☒ Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement ☐ Box No. VI Certain documents cited ☒ Box No. VII Certain defects in the international application ☒ Box No. VIII Certain observations on the international application			
Date of submission of the demand 29.05.2024		Date of completion of this report 26.06.2024	
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465		Authorized officer Varelas, Dimitrios Telephone No. +49 89 2399-8535	



INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/IL2023/050808

Box No. I Basis of the report

1. With regard to the **language**, this report is based on
- ☒ the international application in the language in which it was filed
 - ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of:
 - ☐ international search (under Rules 12.3(a) and 23.1(b))
 - ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
 - ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a) and (b))
2. With regard to the **elements*** of the international application, this report is based on (*replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report*):

Description, Pages

1-31 as originally filed

Claims, Numbers

1-46 filed with the demand for preliminary international examination

Drawings, Sheets

1/12-12/12 as originally filed

- ☐ a sequence listing - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.
3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since either they are considered to go beyond the disclosure as filed, or they were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rules 70.2(c) and (c-bis)):
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
5. ☐ This report has been established:
- ☐ taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rules 66.1(d-bis) and 70.2(e)).
 - ☐ without taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91(Rules 66.4bis and 70.2(e)).

**INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT
ON PATENTABILITY**

International application No.
PCT/IL2023/050808

6. ☒ With regard to top-up searches (Rules 66.1 *ter* and 70.2(f)):
- ☒ A top-up search was carried out by this Authority on 13.06.2024 (all discovered documents are listed in the Supplemental Box Relating to Top-up Search).
 - ☐ Additional relevant documents have been discovered during the top-up search.
 - ☐ No top-up search was carried out by this Authority because it would serve no useful purpose.
7. ☐ Supplementary international search report(s) from Authority(ies) has/have been received and taken into account in establishing this report (Rule 45bis.8(b) and (c)).

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded".

Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes: Claims	<u>1-46</u>
	No: Claims	
Inventive step (IS)	Yes: Claims	<u>1-46</u>
	No: Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes: Claims	<u>1-46</u>
	No: Claims	

2. Citations and explanations (Rule 70.7):

see separate sheet

Box No. VII Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

see separate sheet

Box No. VIII Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

Reference is made to the following document:

D1 US 3 879 949 A (HAYS LANCE G ET AL) 29 April 1975 (1975-04-29)

1 The document D1 is regarded as being the prior art closest to the subject-matter of claim 20 and discloses (the references in parentheses applying to this document):

- A system for converting heat into work (abstract) comprising:
- an evaporator (26) for receiving a liquified vapor phase-changing material ("A" fluid) and vaporizing it at a pressure of about P1 and a temperature of about T1 (col.3, line 54 - col.4, line 9; figures 1, 2, 4);
- a heat transfer liquid HTL ("B" fluid) (col.3, line 41 - 53; figures 1, 2, 4);
- a HTL pump (28) suitable for increasing pressure of said HTL ("B" fluid) (col.3, line 45- col.4, line 9; figures 1, 2, 4);
- a nozzle (15) in fluid communication with the HTL pump (28) and the evaporator (26) and having an inlet portion for receiving said HTL ("B" fluid) and a mixing portion for
 - (i) allowing mixing said HTL ("B" fluid) with said LVPhC ("A" fluid) at a vapor phase (col.3, lines 23-52, figures 1, 2, 4); and
 - (ii) allowing said mixture to undergo isothermal expansion to a pressure lower than said pressure P1, thereby causing acceleration of said mixture at said nozzle towards an outlet of the nozzle (col.3, lines 23-52, figures 1, 2, 4);
- a turbine (10) configured for rotation in result to the acceleration of said mixture, thereby converting the kinetic energy of the mixture to work (col. 3, lines 13-22; figures 1, 2, 4);
- a separation unit (27) for separating the ejected HTL ("B" fluid) and the vaporized LVPhC ("A" fluid), said separation unit comprises a collection unit to collect the ejected HTL and to allow to direct it to the HTL pump (28), the nozzle (15), and the evaporator (26) (figures 1, 2, 4).

2 The system of claim 20 therefore differs from this known from D1 in that

- the liquified vapor phase-changing material is selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, Fluorocarbons, and toluene
- it further comprises a heating volume suitable for heating the heat transfer liquid to a temperature of about T1
- the heat transfer liquid (HTL) and the liquified vapor phase-changing material are at about the same temperature T1 when they enter the nozzle
- the turbine is a reaction turbine, wherein the nozzle is coupled to or part of the reaction turbine
- wherein the collection unit defines a drain for accumulating the separated HTL, and the HTL is suctioned from the drain into the nozzle in result to the operation of the reaction turbine, thereby constituting said HTL pump, wherein the suctioning causes the HTL to enter the nozzle at a pressure of about P1.

and is therefore new (Article 33(2) PCT).

- 3 The same reasoning applies, mutatis mutandis, to the subject-matter of the corresponding independent method claim 1, which therefore is also considered new.
- 4 The problem to be solved by above mentioned differentiating features is how to increase the efficiency of a two-phase engine.
- 5 The solution to this problem proposed in claim 20 and corresponding method claim 1 of the present application is considered as involving an inventive step (Article 33(3) PCT) for the following reasons:
- D1 discloses a two-phase system with the same principle of operation but fails to disclose or to hint towards the combination of the claimed liquified vapor phase-changing materials with the implementation of a reaction turbine, wherein a nozzle is a part of the reaction turbine or is coupled thereto in order to increase the efficiency of the system.
- 6 Claims 2-19 and 21-44 are dependent on claims 1 and 20, respectively, and as such also meet the requirements of the PCT with respect to novelty and inventive step.
- 7 Claims 45 and 46, which are filed as further independent apparatus claims, appear also to define novel and inventive step matter, since they comprise all features of independent apparatus claim 20.
-

Re Item VII

Certain defects in the international application

- 8 Contrary to the requirements of Rule 5.1(a)(ii) PCT, the relevant background art disclosed in the document D1 is not mentioned in the description, nor is this document identified therein.
- 9 The features of the claims are not provided with reference signs placed in parentheses (Rule 6.2(b) PCT).
- 10 According to the requirements of Rule 11.13(l) reference signs not appearing in the description shall not appear in the drawings, and vice versa. This requirement is not met in view of the reference sign "LGPhC" appearing in the figures instead of reference sign "LVPhC" which appears in the description and the claims.

Re Item VIII

Certain observations on the international application

- 11 Although claims 20, 45 and 46 have been drafted as separate independent claims, they appear to relate effectively to the same subject-matter and to differ from each other only with regard to the definition of the subject-matter for which protection is sought and/or in respect of the terminology used for the features of that subject-matter. The aforementioned claims therefore lack conciseness and as such do not meet the requirements of Article 6 PCT.



CDS
COHN, DE VRIES, STADLER & CO
Patent and Trademark Attorneys

May 29, 2024
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk

Attention: Varelas, Dimitrios

Dear Sir,

Re: PCT Application No. PCT/IL2023/050808
“HEAT ENGINE USING A LIQUID-VAPOR-PHASE CHANGING
MATERIAL ”
in the name of TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT
FOUNDATION
Our Ref: 303736

This letter serves as part of the Demand under Article 34 of the Patent Cooperation Treaty being transmitted simultaneously herewith and in which the undersigned requests that the **International Patent Application PCT/IL2023/050808** be the subject of international preliminary examination according to the Patent Cooperation Treaty. The appropriate fee is also attached herewith.

Attached to this letter are replacing claims pages including a total number of 46 claims, replacing the claims currently on file.

We request that the amended claims in the newly submitted set of claims, amended in accordance with PCT Article 34(2)(b), be examined, according to PCT Article 34(2)(d), in view also of explanatory remarks provided hereinbelow.

Applicant believes that the claims and explanatory remarks provided should lead to issue of a favorable International Preliminary Report on Patentability (IPRP) indicating that all claims are novel, have an inventive step and are industrially applicable.

In the event that the Examiner does not find the arguments fully persuasive and intends to issue an unfavorable IPRP, Applicant respectfully request that the Examiner will first issue another Written Opinion under Article 34(2)(c) and/or Regulation PCT 66.4(b) listing the specific objections, and/or that the Examiner will contact Applicant's agent Lior Cohn at **+972-73-398-9000**, or via email **liorc@cds-ip.co.il** for an oral interview under Article 34(2)(a) and/or Regulation PCT66.6.

Claims

Claim 1 has been amended to incorporate the subject matter of previously presented claims 16, 18 and 22. Claims 3, 4-5, 16, 18 and 22 have been deleted and original. The definition of the selection of the LVPhC is further supported by page 20, lines 21-25 of the PCT publication.

Original Claim 25 (now claim 20) has been amended to incorporate the subject matter of previously presented claims 41, 43 and 51-53. Claims 26, 28-29, 41, 43 and 51-53 have been deleted.

New claim 45 has been added to define the subject matter of currently present claim 19 and further define that the evaporator is configured for receiving the LVPhC and bringing it to a supercritical (supported at least by page 6 lines 27-30 of the PCT publication).

New claim 46 has been added to define the subject matter of currently present claim 19 and further comprising a second HTL pump disposed between the drain and the turbine (supported at least by page 3 last paragraph to the top of page 4 of the PCT publication).

Inventive Step

The present claim 1 is directed to:

A method for converting heat into work, comprising:

vaporizing or bringing a liquid vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene, from a liquid phase to a vapor phase or a supercritical phase at a temperature of about T1 and a pressure of about P1 and mixing it in a nozzle with a heat transfer liquid (HTL) having a temperature of about T1 and a pressure of about P1, wherein the LVPhC is at a liquid phase below a temperature of about T0 in pressure of about P1, wherein T0 is lower than T1, thereby resulting in a quasi-isothermal expansion, while reducing the pressure to P0, causing an acceleration of the HTL/LVPhC mixture; and

ejecting the accelerated HTL/LVPhC mixture through a nozzle for converting its kinetic energy into work and collecting the LVPhC and the HTL at a pressure of P0; wherein said nozzle is connected to or part of a reaction turbine;

wherein the method further comprises following said collecting:

heating at least a portion of the HTL to a temperature of about T1 and increasing its pressure to a pressure P1 to allow an additional cycle of said mixing.

The present claim 20 is directed to:

A system for converting heat into work, comprising:

an evaporator for receiving a liquified vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene, and vaporizing it or bringing to a vapor phase or a supercritical phase at a pressure of about P1 and a temperature of about T1;

a heating volume for heating heat transfer liquid (HTL) to a temperature of about T_1 ;
a HTL pump for increasing pressure of said HTL to a pressure of about said P_1 ;
a nozzle in fluid communication with the HTL pump and the evaporator and having an inlet portion for receiving said HTL and a mixing portion for (i) allowing mixing said HTL at about said temperature T_1 and at about said pressure P_1 with said LVPhC at a vapor phase and (ii) allowing said mixture to undergo isothermal expansion to a pressure of about P_0 lower than said pressure P_1 , thereby causing acceleration of said mixture at said nozzle towards an outlet of the nozzle;
a reaction turbine configured for rotation in result to the acceleration of said mixture, thereby converting the kinetic energy of the mixture to work, wherein the nozzle is coupled to or part of the reaction turbine; and
a separation unit for separating the ejected HTL and the vaporized LVPhC, said separation unit comprises a collection unit to collect the ejected HTL and to allow to direct it to either the heating volume, the HTL pump, the nozzle, the evaporator or any combination thereof;
wherein the collection unit defines a drain for accumulating the separated HTL, and the HTL is suctioned from the drain into the nozzle in result to the operation of the reaction turbine, thereby constituting said HTL pump, wherein the suctioning causes the HTL to enter the nozzle at a pressure of about P_1 .

The Examiner rejects original claims 1-56 as they do not involve an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

The present invention provides a solution for a system (the reference below is to a system but it also applies for the method defined by the present set of claims) for converting heat into work by making use use of a nozzle, in which pressurized heat transfer liquid (HTL) and a Liquid-Vapor-Phase-Changing (LVPhC) working fluid are at about the same pressure and are mixed to form a LVPhC-HTL mixture, which following the mixing, the LVPhC undergoes evaporation and isothermal or quasi-isothermal expansion while flowing in the nozzle. This results in acceleration of the mixture through the nozzle until its ejection from an outlet of the nozzle as a jet, resulting in rotation of the nozzle and the turbine, as the nozzle is part of a reaction turbine. The isothermal expansion or quasi-isothermal expansion within the nozzle is caused due to the transfer of heat from the HTL to the gas during the expansion. Since the HTL has a much greater heat capacity than the LVPhC, the change of the temperature of the mixture at the end of the expansion is negligible and the expansion can be regarded as a quasi-isothermal expansion. By employing such a process in a reaction turbine (unlike in an impulse turbine), the efficiency of the process is greater. Particularly, the present solution exploits the thermodynamic advantages of each phase of the LVPhC.

As disclosed in the present description “Reaction turbine has the advantage over impulse turbine due to the non-zero velocity of the jet in the inertial system of coordinates. This non-zero velocity is used to separate the gas/vapor phase from the liquid phase by flowing the mixture on the walls of the turbine creating a film flow” page 14, lines 15-18).

The present invention defines that the LVPhC is selected from the list consisting of pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene. By using organic compounds such as those listed above as the LVPhC, it is possible to operate the system such

that it converts relatively low temperatures, e.g. waste heat, to work. This is also explained in page 20 lines 21-25:

"This method is optionally realized for converting low temperatures to work using organic LVPhC as in organic Rankine cycle (ORC), but with isothermal expansion, which is more efficient than adiabatic expansion. Examples of LVPhC materials are anti-freezing materials such as ORC conventional materials: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, Fluorocarbons, and toluene."

D1 is directed to "a two-phase power source that comprises a rotor; a nozzle having an outlet directed to discharge a two-phase jet for impingement on the rotor to rotate same; and means to supply a heated first fluid A in liquid state to the nozzle for subdivided flow therein toward the output and to supply a second and vaporizable fluid B in finely divided liquid state to the nozzle to receive heat from the A fluid causing the B fluid to vaporize in the nozzle and be expanded with the A fluid which remains in essentially liquid state to produce the discharging two-phase jet" (column 1, lines 37-48). According to D1, fluid A is a hydraulic oil or heat transfer fluid, and the second fluid B is water or other vaporizable fluid (column 4, lines 6-9).

The Examiner specifically refers to column 3, line 54- column 4, line 9, asserting that it discloses a process which is similar to the present invention. However, D1 fails to disclose that the expansion of the gas in the nozzle causes the mixture of HTL and gas to accelerate, thereby generating kinetic energy which is converted to energy by **a reaction turbine which the nozzle is coupled to or a part thereof**. Further, D1 fails to disclose a turbine which allows the pressure of the HTL to be recovered such that it may flow directly into the nozzle without the need for a pump or any other device.

Furthermore, D1 fails to disclose the specific LVPhC materials defined by the present invention, which allow to realize the present invention by using external waste heat, characterized by relatively low temperatures. By using water, as disclosed by D1, the system cannot operate under waste heat conditions.

Therefore, the teaching of D1 could not lead one skilled in the art to convert heat into work, as defined by the present invention.

In view of the above, the skilled in the art could not use the teaching of D1 in order to derive to the present invention.

Therefore, Applicant asserts that the claimed method of claim 1 and the claimed system of claim 19 are not taught or suggested by D1. In the present application, hot, high-pressure HTL is mixed with hot high-pressure gas in a nozzle. Within the nozzle, the mixture of HTL and gas undergoes isothermal or quasi-isothermal expansion, which causes acceleration of the mixture towards the outlet of the nozzle. The expansion of the gas results in acceleration of the mixture towards the outlet of the nozzle. The kinetic energy of the accelerated mixture is used

for producing work. The ejected mixture causes the nozzle which is part of a reaction turbine to rotate. This rotation results in production of work.

The present application further describes that due to the suction conditions induced by the reaction turbine, the pressure of the HTL may be raised to the first pressure, thereby allowing the HTL to flow directly into the nozzle, which is another advantage of using the setting of a reaction turbine in the present invention. The ejected gas is introduced to a heat exchanger to transfer heat therefrom to gas flowing to the evaporator, and from there to a compressor.

Therefore, in view of the above, the present invention is inventive over D1.

With regards to new claims 45 and 46, all the above explanations also apply to them.

Specifically, with regards to claim 45, D1 does not disclose or hint to the use of an evaporator to bring the LVPhC to a supercritical phase. D1 fails to disclose any teaching or implication to bring the water to supercritical conditions. As mentioned on page 22, lines 6-20 of the description of the present invention, the advantage of operating under supercritical conditions is the amount of work which may be extracted from the system is greater than in conventional systems. The approach of operating the herein disclosed evaporator to bring the LVPhC to supercritical conditions is non-trivial and the disclosure of D1 cannot lead the skilled in the art for this solution.

With respect to claim 46, D1 does not disclose or hint to the use a second HTL pump disposed between the drain and the turbine to allow pressurizing the HTL independently from the HTL pump constituted by the reaction turbine. As mentioned on page 3 last paragraph to the top of page 4 of the description of the present invention, an advantage of a second HTL pump is its ability to change the overall pressure without the turbine having to change its frequency. This allows for work to be produced at below nominal temperatures. The addition of a second HTL pump for this system is non-trivial.

Therefore, only for these distinguishing elements in claims 45 and 46, the present invention is novel and inventive over the cited art.

In view of the above, the present invention, as defined in any of the independent claims is inventive over the cited art.

We hereby request that the international preliminary examination will be conducted in consideration of the above comments and the issuance of a **DETAILED International Preliminary Report on Patentability (IPRP)** with an opportunity to reply thereto in the event the Report reaches a different conclusion than the above.

If certain arguments of the applicant are not clear or the Examiner is not fully convinced, Applicant would be appreciative if the Examiner contacts the undersigned before issuing a negative report. In particular, Applicant expresses willingness to agree to a delay



in issuing the International Preliminary Examination Report if the delay will facilitate issuance of a positive rather than negative report.

COHN, DE VRIES, STADLER & CO.

By:

Lior Cohn, Patent Attorney

CLAIMS:

1. A method for converting heat into work, comprising:
vaporizing or bringing a liquid vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and
5 toluene, from a liquid phase to a vapor phase or a supercritical phase at a temperature of about T1 and a pressure of about P1 and mixing it in a nozzle with a heat transfer liquid (HTL) having a temperature of about T1 and a pressure of about P1, wherein the LVPhC is at a liquid phase below a temperature of about T0 in pressure of about P1, wherein T0 is lower than T1, thereby resulting in a quasi-isothermal expansion, while reducing the
10 pressure to P0, causing an acceleration of the HTL/LVPhC mixture; and
ejecting the accelerated HTL/LVPhC mixture through a nozzle for converting its kinetic energy into work and collecting the LVPhC and the HTL at a pressure of P0; wherein said nozzle is connected to or part of a reaction turbine;
wherein the method further comprises following said collecting:
15 heating at least a portion of the HTL to a temperature of about T1 and increasing its pressure to a pressure P1 to allow an additional cycle of said mixing.
2. The method of claim 1, wherein said collecting the LVPhC vapor comprises separating the LVPhC /HTL mixture.
3. The method of claim 1 or 2, wherein the method further comprises following said
20 collecting: cooling and increasing the pressure of the LVPhC to obtain liquified LVPhC at a pressure of about P1 and a temperature of about T0 to allow an additional cycle of said mixing.
4. The method of claim 3, wherein said cooling comprises passing the vaporized LVPhC through a heat exchanger to exchange heat with the liquified LVPhC, wherein
25 the liquified LVPhC enters the heat exchanger at an entrance temperature of about T0.
5. The method of claim 4, wherein said passing comprises maintaining the majority of the liquified LVPhC in a liquid phase.
6. The method of any one of claims 3-5, wherein said cooling and increasing comprises condensing the vaporized LVPhC prior to increasing its pressure.
- 30 7. The method of claim 1, wherein the method further comprises following said collecting: condensing the liquid and then passing it through a heat exchanger to exchange

- 33 -

heat with the collected vaporized LVPhC to obtain heat liquified LVPhC, wherein the method further comprises increasing the pressure of the heated LVPhC to about P1.

8. The method of any one of claims 1-7, wherein said vaporizing comprises directing a portion of the collected HTL to exchange heat with the liquified LVPhC.

5 **9.** The method of claim 8, wherein said directing is carried out prior to said heating.

10. The method of claim 8 or 9, wherein said increasing the HTL pressure is carried out prior to said directing, and said heating is carried out following said directing.

11. The method of any one of claims 3-6, wherein following said cooling and increasing, the method further comprises heating the LVPhC by a LVPhC heat source
10 from a temperature of about T0 to a temperature between T0 and T1.

12. The method of any one of claims 1-11, wherein said mixing and said vaporizing are carried out simultaneously.

13. The method of any one of claims 1-12, wherein the HTL is selected from a list consisting of: molten salt, thermal oil, water, salty water, Ethylene glycol.

15 **14.** The method of any one of claims 1-13, wherein the HTL is ethylene glycol.

15. The method of any one of claims 1-14, wherein the LVPhC is pentane.

16. The method of any one of claims 1-15, wherein said ejecting results in the rotation of the nozzle, said rotation of the nozzle causes the generation of the work from the kinetic energy.

20 **17.** The method of any one of claims 1-16, wherein said nozzle supports a supersonic flow.

18. The method of any one of claims 1-17, wherein the jet ejected from the nozzle is channeled to form a film flow under centrifugal forces.

19. The method of any one of claims 1-18, wherein said vaporizing or bringing
25 comprises bringing said LVPhC to a supercritical phase.

20. A system for converting heat into work, comprising:

an evaporator for receiving a liquified vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene, and vaporizing it or bringing to a vapor phase or a supercritical
30 phase at a pressure of about P1 and a temperature of about T1;

a heating volume for heating heat transfer liquid (HTL) to a temperature of about T1;

a HTL pump for increasing pressure of said HTL to a pressure of about said P1;

- 34 -

a nozzle in fluid communication with the HTL pump and the evaporator and having an inlet portion for receiving said HTL and a mixing portion for (i) allowing mixing said HTL at about said temperature T1 and at about said pressure P1 with said LVPhC at a vapor phase and (ii) allowing said mixture to undergo isothermal expansion
5 to a pressure of about P0 lower than said pressure P1, thereby causing acceleration of said mixture at said nozzle towards an outlet of the nozzle;

a reaction turbine configured for rotation in result to the acceleration of said mixture, thereby converting the kinetic energy of the mixture to work, wherein the nozzle is coupled to or part of the reaction turbine; and

10 a separation unit for separating the ejected HTL and the vaporized LVPhC, said separation unit comprises a collection unit to collect the ejected HTL and to allow to direct it to either the heating volume, the HTL pump, the nozzle, the evaporator or any combination thereof;

wherein the collection unit defines a drain for accumulating the separated HTL,
15 and the HTL is suctioned from the drain into the nozzle in result to the operation of the reaction turbine, thereby constituting said HTL pump, wherein the suctioning causes the HTL to enter the nozzle at a pressure of about P1.

21. The system of claim 20, wherein said mixing portion is constituting said evaporator.

20 **22.** The system of claim 21, further comprising: a condenser for receiving said separated vaporized LVPhC and condense it to a liquid state;

a LVPhC pump downstream said condenser for increasing the pressure of the condensed LVPhC.

23. The system of claim 22, comprising a heat exchanger in fluid communication with
25 (1) the separation unit for receiving said ejected vaporized LVPhC into a heat removal portion of the heat exchanger, (2) condenser for streaming the vaporized LVPhC discharged from the heat removal portion thereto, (3) the LVPhC pump for receiving the liquified LVPhC discharged from the LVPhC pump into a heat receiving portion of the heat exchanger, and (4) the evaporator for streaming the liquified LVPhC discharged
30 from the heat receiving portion.

24. The system of claim 22, comprising a heat exchanger in fluid communication with (1) the separation unit for receiving said ejected vaporized LVPhC into a heat removal portion of the heat exchanger, (2) condenser for streaming the vaporized LVPhC

- 35 -

discharged from the heat removal portion thereto and for receiving the liquified LVPhC therefrom into a heat receiving portion of the heat exchanger, (3) the LVPhC pump for streaming the liquified LVPhC discharged from the heat receiving portion into the LVPhC pump; wherein the evaporator is configured to receive the liquified LVPhC from
 5 the LVPhC pump.

25. The system of any one of claims 22-24, wherein the liquified LVPhC that is received in the heat receiving portion is discharged from the heat receiving portion such that at least the majority thereof maintain in a liquid phase.

26. The system of any one of claims 22-25, wherein the condenser comprises or a part
 10 thereof constitutes the LVPhC pump.

27. The system of any one of claims 22-26, comprising a LVPhC heat source downstream said condenser to heat the LVPhC to a temperature below or about equal to a vaporization temperature of the LVPhC at pressure of about P1.

28. The system of any one of claims 22-27, wherein the evaporator is in fluid
 15 communication with said collection unit for receiving at least a portion of the collected ejected HTL to exchange heat with the liquified LVPhC received in the evaporator to thereby vaporize the liquified LVPhC.

29. The system of claim 28, wherein the evaporator is in fluid communication with the heating volume for streaming the HTL following heat exchanging with the liquified
 20 LVPhC in the evaporator.

30. The system of claim 28 or 29, wherein the HTL pump is downstream the nozzle and upstream the evaporator.

31. The system of claim 30, wherein a portion of the HTL is streamed from the HTL pump to the evaporator and a portion of the HTL is streamed from the HTL to the nozzle.

32. The system of any one of claims 22-31, wherein at least a part of the mixing
 25 portion constitutes said evaporator.

33. The system of any one of claims 22-32, wherein the HTL is selected from a list consisting of: molten salt, thermal oil, water, salty water, Ethylene glycol.

34. The system of any one of claims 22-33, wherein the HTL is ethylene glycol.

35. The system of any one of claims 22-34, wherein the LVPhC is pentane.
 30

36. The system of any one of claims 22-35, wherein the condenser and the LVPhC pump are constituted by a nozzle that comprises

- 36 -

a nozzle inlet for receiving nozzle heat transfer liquid (HTL) stream into the nozzle, an outlet, a suction compressible fluid inlet and an arrangement of fluid manipulation sections arranged in fluid communication in a cascaded fashion and defining a flow path of said fluid;

5 wherein the arrangement comprises:

a first fluid manipulation section downstream to the nozzle inlet and upstream the second fluid manipulation section, or that a proximal end thereof constitutes the nozzle inlet and having a narrowing configuration in a direction of said flow path for reducing pressure of the nozzle HTL streamed thereinto below
10 pressure of suction fluid in the suction fluid source, and for accelerating flow of said nozzle HTL stream, wherein the suction fluid is said LVPhC at a gas or vapor phase and at about pressure P_0 ;

a second fluid manipulation section having an expanding configuration in the direction of said flow path for receiving the nozzle HTL at a pressure below
15 pressure of the suction fluid, wherein said suction fluid inlet is configured for allowing suction fluid communication between the ambient or the suction fluid source, and said second fluid manipulation section to allow introduction of suction fluid thereinto to be mixed with the nozzle HTL to thereby obtain fluid mixture, said expanding configuration of said second fluid manipulation section is
20 designed for bringing the two-phase mixture to supersonic velocity at least at a distal end thereof;

a third fluid manipulation section having a narrowing configuration in the direction of said flow path for decelerating flow of fluid mixture received from said second fluid manipulation section to sonic or subsonic velocity, and for
25 increasing pressure of said two-phase mixture flowing along said third fluid manipulation section;

a fourth fluid manipulation section having an expanding configuration in the direction of said flow path and configured for increasing pressure of fluid mixture subsonic flow received from the third fluid manipulation section to a
30 pressure above ambient pressure;

wherein said outlet is downstream the fourth fluid manipulation section or is constituted by a distal end thereof and is for discharging the fluid mixture received from

- 37 -

the fourth fluid manipulation section, wherein the fluid mixture discharged from the outlet comprises pressurized suction fluid.

37. The system of claim 36, wherein the nozzle HTL comprises at least one of water, molten salt, thermal oil, ethylene glycol, molten metal, hydro-carbonate liquids, anti-freezing liquids, liquified gases, or any combination thereof.

38. The system of claim 36 or 37, wherein the fluid mixture is a two-phase mixture and wherein said pressurized suction fluid being discharged from the outlet of the nozzle comprises compressed gas.

39. The system of any one of claims 36-38, wherein the nozzle further comprises at least one conduit extending from an exterior thereof into the second fluid manipulation section and configured for channeling the suction fluid into the mixing unit for allowing mixing of the suction fluid with the HTL flowing therealong, and reducing the speed of sound in the mixture to below the mixture velocity, having a supersonic flow.

40. The system of any one of claims 36-39, wherein third fluid manipulation section is configured to decelerate the fluid mixture flowing therealong such that it reaches the sonic or subsonic velocity at an extremity of the third sections.

41. The system of any one of claims 36-40, wherein the HTL and the suction fluid are the same material.

42. The system of claim 20, comprising a second HTL pump disposed between the drain and the turbine to allow pressurizing the HTL independently from the HTL pump constituted by the reaction turbine.

43. The system of any one of claims 20-42, wherein the separation unit comprises a curved or circular frame onto which the mixture is ejected, the engagement of the mixture with the curved or circular frame results in a film flow on a surface of the curved or circular frame.

44. The system of any one of claims 20-43, wherein said evaporator is configured for receiving a liquified vapor phase-changing material (LVPhC) and bringing it to a supercritical phase at a pressure of about P1 and a temperature of about T1.

45. A system for converting heat into work, comprising:
an evaporator for receiving a liquified vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene, and bringing it to a supercritical phase at a pressure of about P1 and a temperature of about T1;

- 38 -

a heating volume for heating heat transfer liquid (HTL) to a temperature of about T1;

a HTL pump for increasing pressure of said HTL to a pressure of about said P1;

a nozzle in fluid communication with the HTL pump and the evaporator and
 5 having an inlet portion for receiving said HTL and a mixing portion for (i) allowing mixing said HTL at about said temperature T1 and at about said pressure P1 with said LVPhC at a vapor phase and (ii) allowing said mixture to undergo isothermal expansion to a pressure of about P0 lower than said pressure P1, thereby causing acceleration of said mixture at said nozzle towards an outlet of the nozzle;

10 a reaction turbine configured for rotation in result to the acceleration of said mixture, thereby converting the kinetic energy of the mixture to work, wherein the nozzle is coupled to or part of the reaction turbine; and

a separation unit for separating the ejected HTL and the vaporized LVPhC, said separation unit comprises a collection unit to collect the ejected HTL and to allow to
 15 direct it to either the heating volume, the HTL pump, the nozzle, the evaporator or any combination thereof;

wherein the collection unit defines a drain for accumulating the separated HTL, and the HTL is suctioned from the drain into the nozzle in result to the operation of the reaction turbine, thereby constituting said HTL pump, wherein the suctioning causes the
 20 HTL to enter the nozzle at a pressure of about P1.

46. A system for converting heat into work, comprising:

an evaporator for receiving a liquified vapor phase-changing material (LVPhC), selected from a list consisting of: pentane, isobutane, propane, R134a, R245fa, fluorocarbons and toluene, and vaporizing it or bringing to a vapor phase or a supercritical
 25 phase at a pressure of about P1 and a temperature of about T1;

a heating volume for heating heat transfer liquid (HTL) to a temperature of about T1;

a HTL pump for increasing pressure of said HTL to a pressure of about said P1;

a nozzle in fluid communication with the HTL pump and the evaporator and
 30 having an inlet portion for receiving said HTL and a mixing portion for (i) allowing mixing said HTL at about said temperature T1 and at about said pressure P1 with said LVPhC at a vapor phase and (ii) allowing said mixture to undergo isothermal expansion

- 39 -

to a pressure of about P_0 lower than said pressure P_1 , thereby causing acceleration of said mixture at said nozzle towards an outlet of the nozzle;

a reaction turbine configured for rotation in result to the acceleration of said mixture, thereby converting the kinetic energy of the mixture to work, wherein the nozzle
5 is coupled to or part of the reaction turbine;

a separation unit for separating the ejected HTL and the vaporized LVPhC, said separation unit comprises a collection unit to collect the ejected HTL and to allow to direct it to either the heating volume, the HTL pump, the nozzle, the evaporator or any combination thereof; wherein the collection unit defines a drain for accumulating the
10 separated HTL, and the HTL is suctioned from the drain into the nozzle in result to the operation of the reaction turbine, thereby constituting said HTL pump, wherein the suctioning causes the HTL to enter the nozzle at a pressure of about P_1 ; and

a second HTL pump disposed between the drain and the turbine to allow pressurizing the HTL independently from the HTL pump constituted by the reaction
15 turbine.

TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES

PCT

INFORME PRELIMINAR INTERNACIONAL SOBRE PATENTABILIDAD

(Capítulo II del Tratado de Cooperación en materia de Patentes)

(Artículo 36 y Regla 70 del PCT)

Referencia del expediente del solicitante o del mandatario 303736-RY	PARA ACCIÓN ULTERIOR Ver el formulario PCTJPEA/416							
Núm. de solicitud internacional PCTJL2023/050808	Fecha de presentación internacional (día/mes/año) 03.08.2023	Fecha de prioridad (día/mes/año) 04.08.2022						
Clasificación internacional de patentes (IPC) o clasificación nacional e IPC INV. F01K25/06								
Solicitante TECHNION RESEARCH & DEVELOPMENT FOUNDATION LIMITED								
1. El presente informe es el informe de examen preliminar internacional, establecido por esta Autoridad encargada del examen preliminar internacional según el Artículo 35 y transmitido al solicitante de acuerdo con el Artículo 36. 2. El presente INFORME consta de un total de 6 hojas, incluida esta hoja de portada. 3. El presente informe también contiene ANEXOS, que comprenden: a. ☒ Un total de 14 hojas, descritas a continuación: ☒ hojas de la descripción, reivindicaciones y/o figuras que han sido modificadas y/u hojas que contienen rectificaciones autorizadas por esta Autoridad, a menos que estas hojas hayan sido sustituidas o anuladas, y cualesquiera cartas adjuntas (ver Reglas 46.5, 66.8, 70.16, 91.2, y la Sección 607 de las Instrucciones Administrativas). ☐ hojas que contienen rectificaciones, que esta Autoridad tomó la decisión de no tomarlas en cuenta debido a que no fueron autorizadas o notificadas a esta Autoridad en el momento en que esta Autoridad comenzó a elaborar el presente informe, así como cualesquiera cartas adjuntas (Reglas 66.4bis, 70.2(e), 70.16 y 91.2). ☐ hojas sustituidas y cualesquiera cartas adjuntas, que esta Autoridad considera que, o bien las hojas sustitutivas contienen una modificación que excede la descripción de la solicitud internacional tal como se presentó, o bien las hojas sustitutivas no se acompañaron con una carta en la que se indica el fundamento de las modificaciones de la solicitud tal como se presentó, como se indica en el punto 4 del Recuadro núm. I y en el Recuadro Suplementario (ver la Regla 70.16(b)). b. ☐ un archivo electrónico separado que contiene un listado de secuencias (enviado únicamente a la Oficina Internacional) 4. El presente informe contiene indicaciones relacionadas con los siguientes puntos: ☒ Recuadro núm. I Fundamento del informe ☐ Recuadro núm. II Prioridad ☐ Recuadro núm. III Sin formulación de opinión con respecto a la novedad, la actividad inventiva y la aplicabilidad industrial ☐ Recuadro núm. IV Falta de unidad de la invención ☒ Recuadro núm. V Declaración motivada según el Artículo 35(2) con respecto a la novedad, la actividad inventiva o la aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan tal declaración ☐ Recuadro núm. VI Ciertos documentos citados ☒ Recuadro núm. VII Ciertos defectos en la solicitud internacional ☒ Recuadro núm. VIII Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional <tr><td>Fecha de presentación del requerimiento 29.05.2024</td><td colspan="2">Fecha de finalización del presente informe 26.06.2024</td></tr> <tr><td>Nombre y dirección postal de la autoridad del examen preliminar internacional:  European Patent Office D-80298 Múnich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465 </td><td colspan="2">Agente autorizado Varelas, Dimitrios Núm. de teléfono +49 89 2399-8535  </td></tr>			Fecha de presentación del requerimiento 29.05.2024	Fecha de finalización del presente informe 26.06.2024		Nombre y dirección postal de la autoridad del examen preliminar internacional:  European Patent Office D-80298 Múnich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465	Agente autorizado Varelas, Dimitrios Núm. de teléfono +49 89 2399-8535 	
Fecha de presentación del requerimiento 29.05.2024	Fecha de finalización del presente informe 26.06.2024							
Nombre y dirección postal de la autoridad del examen preliminar internacional:  European Patent Office D-80298 Múnich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465	Agente autorizado Varelas, Dimitrios Núm. de teléfono +49 89 2399-8535 							

Recuadro núm. I	Fundamento de la opinión
1.	Con respecto al idioma, este informe se basa en ☒ la solicitud internacional en el idioma en que se presentó. ☐ una traducción de la solicitud internacional al idioma de una traducción presentada para los fines de: ☐ búsqueda internacional (según las Reglas 12.3(a) y 23.1(b)) ☐ publicación de la solicitud internacional (según la Regla 12.4(a)) ☐ examen preliminar internacional (según las Reglas 55.2(a) y/o 55.3(a) y (b))
2.	Esta opinión se ha establecido teniendo en cuenta la rectificación de un error evidente autorizada por o notificada a esta Autoridad según la Regla 91 (Regla 43b/s.1(a))
Descripción, páginas 1-31 como se presentaron originalmente	
Reivindicaciones, números 1-46 presentada con el requerimiento de examen preliminar internacional	
Figuras, hojas 1/12-12/12 como se presentaron originalmente	
	☐ Un listado de secuencias - ver el Recuadro suplementario en relación con el Listado de secuencias.
3.	☐ Las modificaciones han dado lugar a la anulación de: ☐ la descripción, páginas ☐ las reivindicaciones, núms. ☐ las figuras, hojas/figuras ☐ el listado de secuencias (<i>especificar</i>):
4.	☐ El presente informe se ha establecido como si (algunas de) las modificaciones anexas al presente informe y enumeradas a continuación no se hubieran realizado, ya que se consideran que exceden la descripción tal como se presentó, o no estuvieron acompañadas con una carta que indique el fundamento de las modificaciones en la solicitud tal como se presentó, como se indica en el Recuadro suplementario (Reglas 70.2(c) y (c-his)): ☐ la descripción, páginas ☐ las reivindicaciones, núms. ☐ las figuras, hojas/figuras ☐ el listado de secuencias (<i>especificar</i>):
5.	☐ El presente informe se ha establecido: ☐ teniendo en cuenta la rectificación de un error evidente autorizada por o notificada a esta Autoridad según la Regla 91 (Reglas 66.1(d-his) y 70.2(e)). ☐ sin tomar en cuenta la rectificación de un error evidente autorizada por o notificada a esta Autoridad según la Regla 91 (Reglas 66.4b/s y 70.2(e)).

6.

☒

Con respecto a las búsquedas complementarias (Reglas 66.1 *ter* y 70.2(f)):

☒

Esta Autoridad llevó a cabo una búsqueda complementaria el 13.06.2024 (todos los documentos descubiertos se enumeran en el Recuadro suplementario en relación con la Búsqueda complementaria).

☐

Se han descubierto documentos relevantes adicionales durante la búsqueda complementaria.

☐

Esta Autoridad no llevó a cabo una búsqueda complementaria porque tendría utilidad.
7.

☐

Se ha/han recibido o se ha/han tenido en cuenta el/los informe(s) de búsqueda internacional suplementaria de la(s) Autoridad(es) para establecer el presente informe (Regla 45bis.8(b) y (c)).

* Si se aplica el punto 4, algunas o todas esas hojas pueden estar marcadas como “sustituidas”.

Recuadro núm. V Declaración motivada según el Artículo 35(2) con respecto a la novedad, la actividad inventiva o la aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan tal declaración

1. Declaración	Novedad (N)	Sí:	Reivindicaciones	<u>1-46</u>
		No:	Reivindicaciones	
	Actividad inventiva (IS)	Sí:	Reivindicaciones	<u>1-46</u>
		No:	Reivindicaciones	
	Aplicabilidad industrial (IA)	Sí:	Reivindicaciones	<u>1-46</u>
		No:	Reivindicaciones	

2. Citas y explicaciones (Regla 70.7):

ver la hoja separada

Recuadro núm. VII Ciertos defectos en la solicitud internacional

Se han observado los siguientes defectos en la forma o en el contenido de la solicitud internacional:

ver la hoja separada

Recuadro núm. VIII Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional

Se realizan las siguientes observaciones sobre la claridad de las reivindicaciones, la descripción, y las figuras o sobre la cuestión de si las reivindicaciones están plenamente respaldadas por la descripción:

ver la hoja separada

Re Punto V

Declaración motivada con respecto a la novedad, la actividad inventiva o la aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan tal declaración

Se hace referencia al siguiente documento:

- D1 US 3 879 949 A (HAYS LANCE G ET AL) 29 de abril de 1975 (29-04-1975)
- 1 Se considera que el documento D1 es la técnica más cercana a la materia de la reivindicación 20 y describe (las referencias entre paréntesis que se aplican al presente documento):
- Un sistema para convertir calor en trabajo (abstracto) que comprende:
 - un evaporador (26) para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado (fluido “A”) y vaporizarlo a una presión de aproximadamente P1 y a una temperatura de aproximadamente T1 (col.3, línea 54 - col.4, línea 9; figuras 1, 2, 4);
 - un líquido de transferencia de calor HTL (fluido “B”) (col.3, línea 41 - 53; figuras 1, 2, 4);
 - una bomba de HTL (28) adecuada para aumentar la presión de dicho HTL (fluido “B”) (col.3, línea 45- col.4, línea 9; figuras 1, 2, 4);
 - una boquilla (15) en comunicación fluida con la bomba de HTL (28) y el evaporador (26) y que tiene una porción de entrada para recibir dicho HTL (fluido “B”) y una porción de mezclado para
 - (i) permitir mezclar dicho HTL (fluido “B”) con dicho LVPhC (fluido “A”) en una fase de vapor (col.3, líneas 23-52, figuras 1, 2, 4); y
 - (ii) permitir que dicha mezcla experimente una expansión isotérmica a una presión inferior a dicha presión P1, provocando de esta manera la aceleración de dicha mezcla en dicha boquilla hacia una salida de la boquilla (col.3, líneas 23-52, figuras 1, 2, 4);
 - una turbina (10) configurada para la rotación como resultado de la aceleración de dicha mezcla, convirtiendo de esta manera la energía cinética de la mezcla en trabajo (col. 3, líneas 13-22; figuras 1, 2, 4);
 - una unidad de separación (27) para separar el HTL expulsado (fluido “B”) y el LVPhC vaporizado (fluido “A”), dicha unidad de separación comprende una unidad de recolección para recolectar el HTL expulsado y permitir dirigirlo a la bomba de HTL (28), la boquilla (15), y el evaporador (26) (figuras 1, 2, 4).
- 2 Por lo tanto, el sistema de la reivindicación 20 difiere del conocido a partir de D1 en que

- el material de cambio de fase de vapor licuado se selecciona de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos, y tolueno
- comprende además un volumen de calentamiento adecuado para calentar el líquido de transferencia de calor a una temperatura de aproximadamente T1
- el líquido de transferencia de calor (HTL) y el material de cambio de fase de vapor licuado están aproximadamente a la misma temperatura T1 cuando entra en la boquilla
- la turbina es una turbina de reacción, en donde la boquilla está acoplada a o es parte de la turbina de reacción
- en donde la unidad de recolección define un drenaje para acumular el HTL separado, y el HTL se succiona desde el drenaje hacia la boquilla como resultado de la operación de la turbina de reacción, que constituye de esta manera la bomba de HTL, en donde la succión hace que el HTL entre en la boquilla a una presión de aproximadamente P1.

y por lo tanto es nuevo (Artículo 33(2) del PCT).

- 3 El mismo razonamiento se aplica, mutatis mutandis, a la materia de la reivindicación 1 del método independiente correspondiente, que por lo tanto también se considera nuevo.
- 4 El problema que se resolverá mediante las funciones diferenciadoras antes mencionadas es cómo aumentar la eficiencia de un motor bifásico.
- 5 Se considera que la solución a este problema propuesta en la reivindicación 20 y en la reivindicación 1 del método correspondiente de la presente solicitud implica una actividad inventiva (Artículo 33(3) del PCT) por las siguientes razones:
 - D1 describe un sistema bifásico con el mismo principio de funcionamiento pero no describe ni insinúa la combinación de los materiales de cambio de fase de vapor licuado reivindicado con la implementación de una turbina de reacción, en donde una boquilla es una parte de la turbina de reacción o está acoplada a esta para aumentar la eficiencia del sistema.
- 6 Las reivindicaciones 2-19 y 21-44 dependen de las reivindicaciones 1 y 20, respectivamente, y como tales también cumplen con los requisitos del PCT con respecto a la novedad y la actividad inventiva.
- 7 Las reivindicaciones 45 y 46, que se presentan como reivindicaciones de aparatos independientes adicionales, también parecen definir materia de novedad y actividad inventiva, ya que comprenden todas las funciones del aparato independiente de la reivindicación 20.

Re Punto VII

Ciertos defectos en la solicitud internacional

- 8 Contrariamente a los requisitos de la Regla 5.1(a)(ii) del PCT, los antecedentes de la técnica pertinentes descritos en el documento D1 no se mencionan en la descripción, ni se identifica en la misma este documento.
- 9 Las características de las reivindicaciones no se proporcionan con signos de referencia colocados entre paréntesis (Regla 6.2(b) del PCT).
- 10 De acuerdo con los requisitos de la Regla 11.13(I), los signos de referencia que no aparezcan en la descripción no aparecerán en las figuras, y viceversa. Este requisito no se cumple considerando que en las figuras aparece el signo de referencia “LGPhC” en lugar del signo de referencia “LVPhC” que aparece en la descripción y en las reivindicaciones.

Re Punto VIII

Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional

- 11 Aunque las reivindicaciones 20, 45 y 46 se han redactado como reivindicaciones independientes separadas, parecen relacionarse efectivamente con la misma materia y diferir entre sí únicamente con respecto a la definición de la materia para la que se solicita protección y/o con respecto a la terminología usada para las características de esa materia. Por lo tanto, las reivindicaciones antes mencionadas carecen de concisión y como tales no cumplen con los requisitos del Artículo 6 del PCT.



COHN, DE VRIES, STADLER & CO
Patent and Trademark Attorneys

29 de mayo de 2024
Oficina Europea de Patentes, P.B. 5818
Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk

Atención: Varelas, Dimitrios

Estimado Señor,

Re: Solicitud del PCT núm. PCT/IL2023/050808
“MOTOR TÉRMICO QUE USA UN MATERIAL DE CAMBIO DE
FASE DE LÍQUIDO-VAPOR”
en representación de TECIINION RESEARCH & DEVELOPMENT
FOUNDATION
Nuestra referencia: 303736

Esta carta forma parte del Requerimiento según el Artículo 34 del Tratado de Cooperación en materia de Patentes que se transmite simultáneamente adjunta a la presente y en la que el abajo firmante solicita que la **Solicitud Internacional de Patente PCT/IL2023/050808** sea objeto de un examen preliminar internacional de acuerdo con el Tratado de Cooperación en materia de Patentes. La tarifa correspondiente también se adjunta a la presente.

Se encuentran adjunto a esta carta las páginas de reivindicaciones sustituidas, que incluyen un número total de 46 reivindicaciones, que sustituyen las reivindicaciones actualmente registradas.

Solicitamos que las reivindicaciones modificadas del conjunto de reivindicaciones recién presentadas, modificadas de acuerdo con el Artículo 34(2)(b) del PCT, sean examinadas, de acuerdo con el Artículo 34(2)(d) del PCT, en vista también de las observaciones explicativas que se proporcionan a continuación.

El solicitante considera que las reivindicaciones y las observaciones explicativas proporcionadas deben dar lugar a la publicación de un Informe Preliminar Internacional sobre Patentabilidad (IPRP) favorable que indique que todas las reivindicaciones son novedosas, tienen una actividad inventiva y son de aplicación industrial.

En caso de que el Examinador no considere que los argumentos sean plenamente persuasivos y tenga la intención de emitir un IPRP desfavorable, el Solicitante solicita respetuosamente que el Examinador emita primero otra Opinión escrita de conformidad con el Artículo 34(2)(c) y/o del Reglamento PCT 66.4(b) en el que se enumeren las objeciones específicas, y/o que el Examinador se ponga en contacto con el agente del Solicitante, Lior Cohn, al +972- 73-398-9000, o por correo electrónico **liorc@cds-ip.co.il** para una entrevista oral de conformidad con el Artículo 34(2)(a) y/o del Reglamento PCT66.6.

Reivindicaciones

La reivindicación 1 se ha modificado para incorporar la materia de las reivindicaciones 16, 18 y 22 presentadas anteriormente. Las reivindicaciones 3, 4-5, 16, 18 y 22 se han eliminado y son originales. La definición de la selección del LVPhC se respalda además por la página 20, líneas 21-25 de la publicación del PCT.

La reivindicación original 25 (ahora reivindicación 20) se ha modificado para incorporar la materia de las reivindicaciones 41, 43 y 51-53 presentadas anteriormente. Las reivindicaciones 26, 28-29, 41, 43 y 51-53 se han eliminado.

Se ha añadido una nueva reivindicación 45 para definir la materia de la reivindicación 19 actualmente presente y definir además que el evaporador está configurado para recibir el LVPhC y transformarlo a un estado supercrítico (respaldado al menos por la página 6 líneas 27-30 de la publicación del PCT).

Se ha añadido una nueva reivindicación 46 para definir la materia de la reivindicación 19 actualmente presente y que comprende además una segunda bomba de HTL dispuesta entre el drenaje y la turbina (respaldada al menos por el último párrafo de la página 3 hasta la parte superior de la página 4 de la publicación del PCT).

Actividad inventiva

La presente reivindicación 1 se dirige a:

Un método para convertir calor en trabajo, que comprende:

vaporizar o transformar un material de cambio de fase de vapor líquido LVPhC, seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno de una fase líquida a una fase de vapor o una fase supercrítica a una temperatura de aproximadamente T_1 y una presión de aproximadamente P_1 y mezclarlo en una boquilla con un líquido de transferencia de calor (HTL) que tiene una temperatura de aproximadamente T_1 y una presión de aproximadamente P_1 , en donde el LVPhC está en una fase líquida por debajo de una temperatura de aproximadamente T_0 en una presión de aproximadamente P_1 , en donde T_0 es menor que T_1 , dando como resultado de esta manera una expansión cuasi-isotérmica, mientras que se reduce la presión a P_0 , que provoca una aceleración de la mezcla de HTL/LVPhC, y

expulsar la mezcla acelerada de HTL/LVPhC a través de una boquilla para convertir su energía cinética en trabajo y recolectar el LVPhC y el HTL a una presión de P_0 , en donde dicha boquilla se conecta a o es parte de una turbina de reacción,

en donde el método comprende además seguir la recolección:

calentar al menos una porción del HTL a una temperatura de aproximadamente T_1 y aumentar su presión a una presión P_1 para permitir un ciclo adicional de dicho mezclado.

La presente reivindicación 20 se dirige a:

Un sistema para convertir calor en trabajo, que comprende:

un evaporador para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado LVPhC, seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno, y vaporizarlo o transformarlo a una fase de vapor o una fase supercrítica a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_1 ,

un volumen de calentamiento para calentar el líquido de transferencia de calor (HTL) a una temperatura de aproximadamente T_1 , una bomba de HTL para aumentar la presión de dicho HTL a una presión de aproximadamente P_1 , una boquilla en comunicación fluida con la bomba de HTL y el evaporador y que tiene una porción de entrada para recibir dicho HTL y una porción de mezclado para (i) permitir mezclar dicho HTL a aproximadamente dicha temperatura T_1 y a aproximadamente dicha presión P_1 con dicho LVPhC en una fase de vapor y (ii) permitir que dicha mezcla experimente una expansión isotérmica a una presión de aproximadamente P_0 menor que dicha presión P_1 , provocando de esta manera la aceleración de dicha mezcla en dicha boquilla hacia una salida de la boquilla,

una turbina de reacción configurada para la rotación como resultado de la aceleración de dicha mezcla, para convertir de esta manera la energía cinética de la mezcla en trabajo, en donde la boquilla se acopla a o es parte de la turbina de reacción, y

una unidad de separación para separar el HTL expulsado y el LVPhC vaporizado, dicha unidad de separación comprende una unidad de recolección para recolectar el HTL expulsado y permitir dirigirlo al volumen de calentamiento, la bomba de HTL, la boquilla, el evaporador o cualquier combinación de estos,

en donde la unidad de recolección define un drenaje para acumular el HTL separado, y el HTL se succiona desde el drenaje hacia la boquilla como resultado de la operación de la turbina de reacción, que constituye de esta manera dicha bomba de HTL, en donde la succión hace que el HTL ingrese en la boquilla a una presión de aproximadamente P_1 .

El Examinador rechaza las reivindicaciones originales 1-56, ya que no implican una actividad inventiva en el sentido del Artículo 33(3) del PCT.

La presente invención proporciona una solución para un sistema (la referencia a continuación se refiere a un sistema pero también se aplica al método definido por el presente conjunto de reivindicaciones) para convertir el calor en trabajo mediante el uso de una boquilla, en la que el líquido de transferencia de calor (HTL) presurizado y un fluido de trabajo de cambio de fase de vapor líquido (LVPhC) se encuentran aproximadamente a la misma presión y se mezclan para formar una mezcla de LVPhC-HTL, que después del mezclado, el LVPhC experimenta evaporación y expansión isotérmica o cuasi-isotérmica mientras fluye en la boquilla. Esto da como resultado la aceleración de la mezcla a través de la boquilla hasta su eyección desde una salida de la boquilla en forma de chorro, lo que da como resultado la rotación de la boquilla y la turbina, ya que la boquilla es parte de una turbina de reacción. La expansión isotérmica o expansión cuasi-isotérmica dentro de la boquilla se produce debido a la transferencia de calor del HTL al gas durante la expansión. Dado que el HTL tiene una capacidad calorífica mucho mayor que el LVPhC, el cambio de la temperatura de la mezcla al final de la expansión es insignificante y la expansión se puede considerar como una expansión cuasi-isotérmica. Al emplear tal proceso en una turbina de reacción (a diferencia de una turbina de impulso), la eficiencia del proceso es mayor. Particularmente, la presente solución explota las ventajas termodinámicas de cada fase del LVPhC.

Como se describe en la presente “la turbina de reacción tiene la ventaja sobre la turbina de impulso debido a la velocidad distinta de cero del chorro en el sistema de coordenadas inercial. Esta velocidad distinta de cero se usa para separar la fase de gas/vapor de la fase líquida que hace fluir la mezcla sobre las paredes de la turbina que crea un “flujo de película” (página 14, líneas 15-18).

La presente invención define que el LVPhC se selecciona de la lista que consiste en pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno. Mediante el uso de compuestos orgánicos tales como los enumerados anteriormente como el LVPhC, es posible operar el sistema de tal manera

que transforma temperaturas relativamente bajas, p. ej., el calor residual, en trabajo. Esto también se explica en la página 20 líneas 21-25:

“Este método se realiza opcionalmente para convertir bajas temperaturas a trabajo usando LVPhC orgánico como en el ciclo orgánico de Rankine (ORC, en inglés), pero con expansión isotérmica, lo que es más eficiente que la expansión adiabática. Ejemplos de materiales de LVPhC son los materiales anticongelantes tales como los materiales convencionales ORC: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos, y tolueno”.

D1 se dirige a “una fuente de energía bifásica que comprende un rotor; una boquilla que tiene una salida dirigida para descargar un chorro bifásico para que impacte sobre el rotor y gire el mismo; y medios para suministrar un primer fluido A calentado en estado líquido a la boquilla para un flujo subdividido en esta hacia la salida y para suministrar un segundo fluido B vaporizable en estado líquido finamente dividido a la boquilla para recibir calor del fluido A que provoca que el fluido B se vaporice en la boquilla y se expanda con el fluido A que permanece esencialmente en estado líquido para producir el chorro bifásico que se descarga” (columna 1, líneas 37-48). De acuerdo con D1, el fluido A es un aceite hidráulico o fluido de transferencia de calor, y el segundo fluido B es agua u otro fluido vaporizable (columna 4, líneas 6-9).

El Examinador se refiere específicamente a la columna 3, línea 54- columna 4, línea 9, que afirma que describe un proceso que es similar a la presente invención. No obstante, D1 no describe que la expansión del gas en la boquilla provoca que la mezcla de HTL y gas se acelere, generando de esta manera una energía cinética que se convierte en energía mediante **una turbina de reacción a la que se acopla la boquilla o una parte de esta**. Además, D1 no describe una turbina que permita recuperar la presión del HTL de tal manera que pueda fluir directamente a la boquilla sin necesidad de una bomba o cualquier otro dispositivo.

Además, D1 no describe los materiales específicos de LVPhC definidos por la presente invención, que permiten realizar la presente invención mediante el uso del calor residual externo, caracterizado por temperaturas relativamente bajas. Al usar agua, como lo describe en D1, el sistema no puede operar bajo condiciones de calor residual.

Por lo tanto, la enseñanza de D1 no podría llevar a un experimentado en la técnica a convertir el calor en trabajo, tal como se define en la presente invención.

En vista de lo anterior, el experimentado en la técnica no podría usar la enseñanza de D1 para derivar a la presente invención.

Por lo tanto, el Solicitante afirma que el método reivindicado de la reivindicación 1 y el sistema reivindicado de la reivindicación 19 no son enseñados ni sugeridos por D1. En la presente solicitud, el HTL caliente de alta presión se mezcla con gas caliente de alta presión en una boquilla. Dentro de la boquilla, la mezcla de HTL y gas experimenta una expansión isotérmica o cuasi-isotérmica, lo que provoca la aceleración de la mezcla hacia la salida de la boquilla. La expansión del gas da como resultado una aceleración de la mezcla hacia la salida de la boquilla. Se usa la energía cinética de la mezcla acelerada

para producir trabajo. La mezcla expulsada hace girar la boquilla que forma parte de una turbina de reacción. Esta rotación da como resultado la producción de trabajo.

La presente solicitud describe además que debido a las condiciones de succión inducidas por la turbina de reacción, la presión del HTL se puede elevar a la primera presión, de tal manera que permite que el HTL fluya directamente hacia la boquilla, el cual es otra ventaja de usar el ajuste de una turbina de reacción en la presente invención. El gas expulsado se introduce en un intercambiador de calor para transferir calor hacia al gas que fluye hacia el evaporador, y de ahí hacia un compresor.

Por lo tanto, en vista de lo anterior, la presente invención es inventiva con respecto a D1.

Con respecto a las nuevas reivindicaciones 45 y 46, todas las explicaciones anteriores también se aplican a ellas.

Específicamente, con respecto a la reivindicación 45, D1 no describe ni insinúa el uso de un evaporador para transformar el LVPhC a una fase supercrítica. D1 no describe ninguna enseñanza ni implicación para transformar el agua a condiciones supercríticas. Como se menciona en la página 22, líneas 6-20 de la descripción de la presente invención, la ventaja de operar en condiciones supercríticas es que la cantidad de trabajo que se puede extraer del sistema es mayor que en los sistemas convencionales. El enfoque de operar el evaporador descrito en la presente para transformar el LVPhC a condiciones supercríticas no es trivial y la descripción de D1 no puede llevar al experimentado en la técnica a esta solución.

con respecto a la reivindicación 46, D1 no describe ni insinúa el uso de una segunda bomba de HTL dispuesta entre el drenaje y la turbina para permitir presurizar el HTL independientemente de la bomba de HTL constituida por la turbina de reacción. Como se menciona en el último párrafo de la página 3 hasta la parte superior de la página 4 de la descripción de la presente invención, una ventaja de una segunda bomba de HTL es su capacidad para cambiar la presión general sin que la turbina tenga que cambiar su frecuencia. Esto permite que el trabajo se produzca en temperaturas inferiores a las nominales. La adición de una segunda bomba de HTL para este sistema no es trivial.

Por lo tanto, solo para estos elementos diferenciadores en las reivindicaciones 45 y 46, la presente invención es novedosa e inventiva con respecto a la técnica citada.

En vista de lo anterior, la presente invención, tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones independientes, es inventiva con respecto a la técnica citada.

Por la presente solicitamos que el examen preliminar internacional se lleve a cabo teniendo en cuenta las observaciones anteriores y la emisión de **un Informe Preliminar Internacional sobre Patentabilidad (IPRP) DETALLADO** con la oportunidad de responder a este en caso de que el Informe llegue a una conclusión diferente a la anterior.

Si ciertos argumentos del solicitante no son claros o el Examinador no está plenamente convencido, el Solicitante agradecería que el Examinador se contacte con el abajo firmante antes de emitir un informe negativo. En particular, el Solicitante expresa su disposición a aceptar un retraso



en la emisión del Informe de Examen Preliminar Internacional si el retraso facilita la emisión de un informe positivo en lugar de uno negativo.

COHN, DE VRIES, STADLER & CO.
Por:

[Firma ilegible]

Lior Cohn, Abogado de patentes

REIVINDICACIONES:

1. Un método para convertir calor en trabajo, que comprende:

vaporizar o transformar un material de cambio de fase de vapor licuado (LVPhC), seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno, desde una fase líquida a una fase de vapor o una fase supercrítica a una temperatura de aproximadamente T_1 y una presión de aproximadamente P_1 y mezclarlo en una boquilla con un líquido de transferencia de calor (HTL) que tiene una temperatura de aproximadamente T_1 y una presión de aproximadamente P_1 , en donde el LVPhC está en una fase líquida por debajo de una temperatura de aproximadamente T_0 en una presión de aproximadamente P_1 , en donde T_0 es menor que T_1 , dando como resultado de esta manera una expansión cuasi-isotérmica, mientras que se reduce la presión a P_0 , lo que provoca una aceleración de la mezcla de HTL/LVPhC; y expulsar la mezcla acelerada de HTL/LVPhC a través de una boquilla para convertir su energía cinética en trabajo y recolectar el LVPhC y el HTL a una

- 33 -

presión de P_0 ; en donde la boquilla está conectada a o parte de una turbina de reacción;

en donde el método comprende además seguir la recolección:

calentar al menos una porción del HTL a una temperatura de aproximadamente T_1 y aumentar su presión a una presión P_1 para permitir un ciclo adicional de dicho mezclado.

2. El método de la reivindicación 1, en donde la recolección del vapor de LVPhC comprende separar la mezcla de LVPhC/HTL.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde el método comprende además seguir dicha recolección: enfriar y aumentar la presión del LVPhC para obtener LVPhC licuado a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_0 para permitir un ciclo adicional de dicho mezclado.

4. El método de la reivindicación 3, en donde dicho enfriamiento comprende hacer pasar el LVPhC vaporizado a través de un intercambiador de calor para intercambiar calor con el LVPhC licuado, en donde el LVPhC licuado entra en el intercambiador de calor a una temperatura de entrada de aproximadamente T_0 .

5. El método de la reivindicación 4, en donde el paso comprende mantener la mayor parte del LVPhC licuado en una fase líquida.

HOJA MODIFICADA

- 34 -

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en donde el enfriamiento y aumento comprende condensar el LVPhC vaporizado antes de aumentar su presión.

7. El método de la reivindicación 1, en donde el método comprende además seguir dicha recolección: condensar el líquido y después pasarlo a través de un intercambiador de calor para intercambiar calor con el LVPhC vaporizado recolectado para obtener LVPhC licuado por calor, en donde el método comprende además aumentar la presión del LVPhC calentado a aproximadamente P_1 .

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la vaporización comprende dirigir una porción del HTL recogido para intercambiar calor con el LVPhC licuado.

9. El método de la reivindicación 8, en donde la dirección se realiza antes del calentamiento.

10. El método de la reivindicación 8 o 9, en donde el aumento de la presión de HTL se realiza antes de la dirección, y el calentamiento se realiza siguiendo la dirección.

11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en donde después de dicho enfriamiento y aumento, el método comprende además calentar el LVPhC mediante una fuente de calor de LVPhC desde una temperatura de aproximadamente T_0 a una temperatura entre T_0 y T_1 .

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde el mezclado y la vaporización se realizan simultáneamente.

HOJA MODIFICADA

- 35 -

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde el HTL se selecciona de una lista que consiste en: sal fundida, aceite térmico, agua, agua salada, etilenglicol.

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde el HTL es etilenglicol.

15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde el LVPhC es pentano.

16. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-15, en donde la eyección da como resultado la rotación de la boquilla, la rotación de la boquilla provoca la generación del trabajo a partir de la energía cinética.

17. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en donde dicha boquilla soporta un supersónico

18. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-17, en donde el chorro expulsado desde la boquilla se canaliza para formar un flujo de película bajo fuerzas centrífugas.

19. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-18, en donde dicha vaporización o transformación comprende transformar dicho LVPhC a una fase supercrítica.

20. Un sistema para convertir calor en trabajo, que comprende:

HOJA MODIFICADA

- 36 -

un evaporador para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado (LVPhC), seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno, y vaporizarlo o transformarlo a una fase de vapor o una fase supercrítica a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_1 ;

un volumen de calentamiento para calentar líquido de transferencia de calor (HTL) a una temperatura de aproximadamente T_1 ;

una bomba HTL para aumentar la presión del HTL a una presión de aproximadamente la P_1 ;

una boquilla en comunicación fluida con la bomba de HTL y el evaporador y que tiene una porción de entrada para recibir dicho HTL y una porción de mezclado para (i) permitir mezclar dicho HTL a aproximadamente dicha temperatura T_1 en aproximadamente dicha presión P_1 con dicho LVPhC en una fase de vapor y (ii) permitir que dicha mezcla experimente expansión isotérmica

a una presión de aproximadamente P_0 menor que dicha presión P_1 , que provoca de esta manera la aceleración de dicha mezcla en dicha boquilla hacia una salida de la boquilla;

HOJA MODIFICADA

- 37 -

una turbina de reacción configurada para la rotación como resultado de la aceleración de la mezcla, convirtiendo de esta manera la energía cinética de la mezcla en trabajo, en donde la boquilla está acoplada a o parte de la turbina de reacción; y

una unidad de separación para separar el HTL expulsado y el LVPhC vaporizado, dicha unidad de separación comprende una unidad de recolección para recolectar el HTL expulsado y permitir dirigirlo al volumen de calentamiento, la bomba de HTL, la boquilla, el evaporador o cualquier combinación de estos;

en donde la unidad de recolección define un drenaje para acumular el HTL separado,

y el HTL se succiona desde el drenaje hacia la boquilla como resultado de la operación de la turbina de reacción, que constituye de esta manera dicha bomba de HTL, en donde la succión hace que el HTL ingrese a la boquilla a una presión de aproximadamente P_1 .

21. El sistema de la reivindicación 20, en donde la porción de mezclado constituye el evaporador.

22. El sistema de la reivindicación 21, que comprende además: un condensador para recibir el LVPhC vaporizado separado y condensarlo a un estado líquido;

HOJA MODIFICADA

- 38 -

una bomba de LVPhC corriente abajo del condensador para aumentar la presión del LVPhC condensado.

23. El sistema de la reivindicación 22, que comprende un intercambiador de calor en comunicación fluida con (1) la unidad de separación para recibir dicho LVPhC vaporizado expulsado en una porción de eliminación de calor del intercambiador de calor, (2) un condensador para hacer fluir el LVPhC vaporizado descargado desde la porción de eliminación de calor en este, (3) la bomba de LVPhC para recibir el LVPhC licuado descargado desde la bomba de LVPhC hacia una porción receptora de calor del intercambiador de calor, y (4) el evaporador para hacer fluir el LVPhC licuado descargado desde la porción receptora de calor.

24. El sistema de la reivindicación 22, que comprende un intercambiador de calor en comunicación fluida con (1) la unidad de separación para recibir dicho LVPhC vaporizado expulsado en una porción de eliminación de calor del intercambiador de calor, (2) un condensador para hacer fluir el LVPhC vaporizado descargado desde la porción de eliminación de calor en esta y para recibir el LVPhC licuado de esta a una porción receptora de calor del intercambiador de calor, (3) la bomba de LVPhC para hacer fluir el LVPhC licuado descargado desde la porción receptora de calor hacia la bomba de LVPhC; en donde el evaporador está configurado para recibir el LVPhC licuado desde la bomba de LVPhC.

HOJA MODIFICADA

- 39 -

25. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-24, en donde el LVPhC licuado que se recibe en la porción receptora de calor se descarga de la porción receptora de calor de tal manera que al menos la mayoría de esta se mantiene en una fase líquida.

26. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-25, en donde el condensador comprende o una parte de este constituye la bomba de LVPhC.

27. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-26, que comprende una fuente de calor de LVPhC corriente abajo del condensador para calentar el LVPhC a una temperatura menor que o aproximadamente igual a una temperatura de vaporización del LVPhC a una presión de aproximadamente P_1 .

28. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-27, en donde el evaporador está en comunicación fluida con dicha unidad de recolección para recibir al menos una porción del HTL expulsado recolectado para intercambiar calor con el LVPhC licuado recibido en el evaporador para de esta manera vaporizar el LVPhC licuado.

29. El sistema de la reivindicación 28, en donde el evaporador está en comunicación fluida con el volumen de calentamiento para hacer fluir el HTL después del intercambio de calor con el LVPhC licuado en el evaporador.

HOJA MODIFICADA

- 40 -

30. El sistema de la reivindicación 28 o 29, en donde la bomba de HTL está corriente abajo de la boquilla y corriente arriba del evaporador.

31. El sistema de la reivindicación 30, en donde una porción del HTL se hace fluir desde la bomba HTL al evaporador y una porción del HTL se hace fluir desde el HTL a la boquilla.

32. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-31, en donde al menos una parte de la porción de mezclado constituye el evaporador.

33. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-32, en donde el HTL se selecciona de una lista que consiste en: sal fundida, aceite térmico, agua, agua salada, etilenglicol.

34. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-33, en donde el HTL es etilenglicol.

35. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-34, en donde el LVPhC es pentano.

36. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 22-35, en donde el condensador y la bomba de LVPhC están constituidos por una boquilla que comprende

una entrada de boquilla para recibir corriente de líquido de transferencia de calor de boquilla (HTL) en la boquilla, una salida, una entrada de fluido compresible por succión y una disposición de secciones de manipulación de fluido dispuestas

HOJA MODIFICADA

- 41 -

en comunicación fluida en una forma en cascada y que definen una trayectoria de flujo del fluido;

en donde la disposición comprende:

una primera sección de manipulación de fluido corriente abajo de la entrada de boquilla y corriente arriba de la segunda sección de manipulación de fluido, o que un extremo proximal de esta constituye la entrada de boquilla y que tiene una configuración de estrechamiento en dirección de dicha trayectoria de flujo para reducir la presión del HTL de boquilla que fluye hacia esta por debajo

de la presión del fluido de succión en la fuente de fluido de succión, y para acelerar el flujo de dicha corriente de HTL de boquilla, en donde el fluido de succión es dicho LVPhC en una fase gaseosa o de vapor y a una presión de aproximadamente P0;

una segunda sección de manipulación de fluido que tiene una configuración de expansión en la dirección de dicha trayectoria de flujo para recibir el HTL de boquilla a una presión por debajo de la presión del fluido de succión, en donde dicha entrada de fluido de succión está configurada para permitir la comunicación del

HOJA MODIFICADA

- 42 -

fluido de succión entre el ambiente o la fuente de fluido de succión, y dicha segunda sección de manipulación de fluido para permitir la introducción de fluido de succión en esta para mezclarse con el HTL de boquilla para obtener de esta manera una mezcla de fluido, dicha configuración en expansión de dicha segunda sección de manipulación de fluido es diseñada para transformar la mezcla bifásica a velocidad supersónica al menos en un extremo distal de esta;

una tercera sección de manipulación de fluido que tiene una configuración de estrechamiento en la dirección de dicha trayectoria de flujo para desacelerar el flujo de la mezcla de fluido recibida desde dicha segunda sección de manipulación de fluido a velocidad sónica o subsónica, y para aumentar la presión de dicha mezcla bifásica que fluye a lo largo de dicha tercera sección de manipulación de fluido;

una cuarta sección de manipulación de fluido que tiene una configuración de expansión en la dirección de dicha trayectoria de flujo y configurada para aumentar la presión del flujo subsónico de mezcla de fluido recibido desde la

HOJA MODIFICADA

- 43 -

tercera sección de manipulación de fluido a una presión por encima de la presión ambiente;

en donde dicha salida está corriente abajo de la cuarta sección de manipulación de fluido o está constituida por un extremo distal de esta y es para descargar la mezcla de fluido recibida de la cuarta sección de manipulación de fluido, en donde la mezcla de fluido descargada desde la salida comprende fluido de succión presurizado.

37. El sistema de la reivindicación 36, en donde el HTL de boquilla comprende al menos uno de agua, sal fundida, aceite térmico, etilenglicol, metal fundido, líquidos hidrocarbonatados, líquidos anticongelantes, gases licuados, o cualquier combinación de estos.

38. El sistema de la reivindicación 36 o 37, en donde la mezcla de fluido es una mezcla bifásica y en donde fluido de succión presurizado que se descarga desde la salida de la boquilla comprende gas comprimido.

39. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 36-38, en donde la boquilla comprende además al menos un conducto que se extiende desde un exterior de esta hacia la segunda sección de manipulación de fluido y configurado para canalizar el fluido de succión hacia la unidad de mezcla para permitir la mezcla del fluido de succión con el HTL que fluye a lo largo de esta, y reducir la velocidad del sonido en

HOJA MODIFICADA

- 44 -

la mezcla por debajo de la velocidad de mezcla, que tiene un flujo supersónico.

40. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 36-39, en donde la tercera sección de manipulación de fluido está configurada para desacelerar la mezcla de fluido que fluye a lo largo de esta de manera que alcance la velocidad sónica o subsónica en un extremo de las terceras secciones.

41. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 36-40, en donde el HTL y el fluido de succión son del mismo material.

42. El sistema de la reivindicación 20, que comprende una segunda bomba de HTL dispuesta entre el drenaje y la turbina para permitir presurizar el HTL independientemente de la bomba de HTL constituida por la turbina de reacción.

43. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 20-42, en donde la unidad de separación comprende un marco curvo o circular sobre el que se expulsa la mezcla, el acoplamiento de la mezcla con el marco curvo o circular da como resultado un flujo de película sobre una superficie del marco curvado o circular.

44. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 20-43, en donde el evaporador está configurado para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado (LVPhC) y transformarlo a una fase supercrítica a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_1 .

HOJA MODIFICADA

- 45 -

45. Un sistema para convertir calor en trabajo, que comprende:

un evaporador para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado (LVPhC), seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno, y transformarlo a una fase supercrítica a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_1 ;

un volumen de calentamiento para calentar líquido de transferencia de calor (HTL) a una temperatura de aproximadamente T_1 ;

una bomba HTL para aumentar la presión del HTL a una presión de aproximadamente la P_1 ;

una boquilla en comunicación fluida con la bomba de HTL y el evaporador y que tiene una porción de entrada para recibir dicho HTL y una porción de mezclado para (i) permitir mezclar dicho HTL a dicha temperatura de aproximadamente T_1 y a dicha presión de aproximadamente P_1 con dicho LVPhC en una fase de vapor y (ii) permitir que dicha mezcla experimente una expansión isotérmica a una presión de aproximadamente P_0 menor que dicha presión P_1 , de esta manera provoca la aceleración de dicha mezcla en dicha boquilla hacia una salida de la boquilla;

HOJA MODIFICADA

- 46 -

una turbina de reacción configurada para girar como resultado de la aceleración de dicha mezcla, para convertir de esta manera la energía cinética de la mezcla en trabajo, en donde la boquilla está acoplada a o es parte de la turbina de reacción; y una unidad de separación para separar el HTL expulsado y el LVPhC vaporizado, dicha unidad de separación comprende una unidad de recolección para recolectar el HTL expulsado y permitir dirigirlo tanto al volumen de calentamiento, a la bomba de HTL, a la boquilla, al evaporador o a cualquier combinación de estos;

en donde la unidad de recolección define un drenaje para acumular el HTL separado, y el HTL se succiona desde el drenaje hacia la boquilla como resultado de la operación de la turbina de reacción, que constituye de esta manera dicha bomba de HTL, en donde la succión provoca que el HTL entre en la boquilla a una presión de aproximadamente P1.

46. Un sistema para convertir calor en trabajo, que comprende:

un evaporador para recibir un material de cambio de fase de vapor licuado (LVPhC), seleccionado de una lista que consiste en: pentano, isobutano, propano, R134a, R245fa, fluorocarbonos y tolueno, y

HOJA MODIFICADA

- 47 -

vaporizarlo o transformarlo a una fase de vapor o una fase supercrítica

a una presión de aproximadamente P_1 y una temperatura de aproximadamente T_1 ;

un volumen de calentamiento para calentar líquido de transferencia de calor (HTL) a una temperatura de aproximadamente T_1 ;

una bomba HTL para aumentar la presión del HTL a una presión de aproximadamente la P_1 ;

una boquilla en comunicación fluida con la bomba de HTL y el evaporador y que tiene una porción de entrada para recibir dicho HTL y una porción de mezclado para (i) permitir mezclar dicho HTL a dicha temperatura de aproximadamente T_1 y a dicha presión de aproximadamente P_1 con dicho LVPhC en una fase de vapor y (ii) permitir que dicha mezcla experimente una expansión isotérmica a una presión de aproximadamente P_0 menor que dicha presión P_1 , que provoca de esta manera la aceleración de dicha mezcla en dicha boquilla hacia una salida de la boquilla;

una turbina de reacción configurada para girar como resultado de la aceleración de dicha mezcla, para convertir de esta manera la energía cinética de la mezcla en trabajo, en donde la boquilla se acopla a o es parte de la turbina de reacción;

HOJA MODIFICADA

- 48 -

una unidad de separación para separar el HTL expulsado y el LVPhC vaporizado, la unidad de separación comprende una unidad de recolección para recolectar el HTL expulsado y permitir dirigirlo al volumen de calentamiento, la bomba de HTL, la boquilla, el evaporador o cualquier combinación de estos; en donde la unidad de recolección define un drenaje para acumular el HTL separado, y el HTL se succiona desde el drenaje hacia la boquilla como resultado de la operación de la turbina de reacción, que constituye de esta manera dicha bomba de HTL, en donde la succión provoca que el HTL ingrese a la boquilla a una presión de aproximadamente P_1 ; y una segunda bomba de HTL dispuesta entre el drenaje y la turbina para permitir presurizar el HTL independientemente de la bomba de HTL constituida por la turbina de reacción.

HOJA MODIFICADA