

F25B 1/00 (2006.01)

F25B 1/06 (2006.01)

F25B 13/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

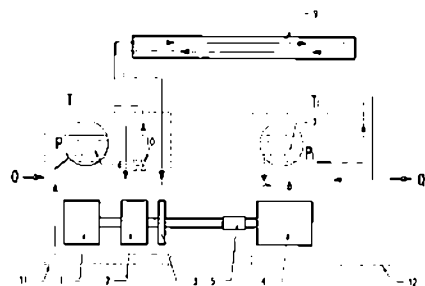
(21) Číslo přihlášky: 2022-350
(22) Přihlášeno: 24.08.2022
(40) Zveřejněno: 11.10.2023
(Věstník č. 41/2023)
(47) Uděleno: 31.08.2023
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 11.10.2023
(Věstník č. 41/2023)

(56) Relevantní dokumenty:
US 4984432 A; US 2011262269 A1; WO 2004022962 A1; US 2022049651 A1; DE 112018000460T T5; US 2018187572 A1.

(73) Majitel patentu:
Pavel Činčura, Dunajovice, CZ
Zdeněk Lochmann, Plzeň, Skvrňany, CZ
(72) Původce:
Pavel Činčura, Dunajovice, CZ
Zdeněk Lochmann, Plzeň, Skvrňany, CZ
(74) Zástupce:
ZUSKA|KIRCHNER Advokátní, patentová a
znalecká kancelář, Mgr. Jaroslav Zuska, advokát,
Plzeňská 348/261, 155 00 Praha 5, Stodůlky

(54) Název vynálezu:
Vratný tepelný stroj

(57) Anotace:
Vratný tepelný stroj sestává z teplo odčerpávajícího úseku (11) a z teplo odevzdávajícího úseku (12), přičemž oba úseky jsou propojeny potrubím přes protiproudý tepelný výměník (9). V teplo odčerpávajícím úseku (11) je uložen teplo odčerpávající výměník (6) s pracovním plynem a pohon stroje (1), jehož hřídel je propojen s hřídelí izobarického motoru (2), jehož hřídel je spojen s hřídelem hydromotoru (3), jehož hřídel je z druhé strany propojen přes termoizolační spojku (5) s hřídelí izotermického kompresoru (4) v teplo odevzdávajícím úseku (12). Vstup izobarického motoru (2) je propojen s teplo odčerpávajícím výměníkem (6) a výstup je propojen přes elektroventil (10) a protiproudý tepelný výměník (9) se vstupem izotermického kompresoru (4) a ten je propojen přes zpětný ventil (8) s teplo odevzdávajícím výměníkem (7) s pracovním plynem. Teplo odevzdávající výměník (7) je propojen přes protiproudý tepelný výměník (9) s hydromotorem (3) a s teplo odčerpávajícím výměníkem (6) v úseku (11).



Vratný tepelný stroj

Oblast techniky

5

Vynález se týká vratného tepelného stroje, který může pracovat jako tepelné čerpadlo či chladicí stroj.

10

Dosavadní stav techniky

V současnosti jsou známa technická řešení určená ke zkapalnění plynů (příkladně technické řešení uvedené v patentu US 4984432) a do doby podání předkládaného vynálezu nebyla jiná možnost jak snížit teplotu zkapalňovaných plynů, jejichž kritická teplota je nižší než 170 K, než použít takzvaný Ericssonův-Brytonův cyklus, jehož základem je děj adiabatický. Při snižování teploty látky pod teplotu kritickou lze postupovat pouze tak, že danou látku ochladíme pomocí chladicího stroje, tedy tepelného čerpadla, avšak klasická tepelná čerpadla nejsou schopna dosáhnout nižší teploty než cca -80 °C. Pokud musíme dosáhnout nižší teploty, a to ve většině případů musíme, nelze již použít tepelné čerpadlo a musíme použít tak zvaný zkapalňovací stroj, který pracuje v Ericssonově-Brytonově termodynamickém cyklu. Ten je ve své podstatě založen na tom, že zkapalňovaný plyn je nejprve stlačen na vysoký tlak izotermicky a poté je přiveden do stroje, expandéru, který ve své podstatě pracuje jako adiabatický motor. Zde se stlačený plyn rozpíná adiabaticky a koná práci na úkor svého měrného tepla Q_{cv} , a přitom klesá jeho teplota. Zásadní problém ovšem spočívá v tom, že adiabatický děj lze v praxi zrealizovat pouze s malou efektivitou, jelikož vždy značná část tepla přejde na samotný stroj, takže účinnost tohoto procesu je velmi nízká, a tak v praxi takového stroje pracují v kaskádě, kde k odebrání tepla Q_{cv} zkapalňovanému plynu musíme dodat až několikanásobek mechanické energie.

Ve své podstatě jde tedy ve vztahu k výše uvedenému patentu o specifický druh chladicího stroje či tepelného čerpadla, který se ovšem vyznačuje zápornou charakteristikou ve srovnání s klasickým tepelným čerpadlem, jelikož jeho bilance je taková, že k přečerpání tepla z chladnější soustavy o teplotě T do teplejší soustavy o teplotě T_I je v daném případě dodaná mechanická práce W vždy větší než odčerpané teplo Q_{cv} . Pokud by tedy zařízení (příkladně uvedené patentu US 4984432) mohlo pracovat jen jako chladicí stroj, tak bude pracovat s velmi nízkou praktickou účinností. Fungování srovnávaného zařízení jako tepelného motoru v obráceném cyklu je naprosto nemožné, neboť ne každý známý stroj, který je součástí známé techniky, může pracovat jako kompresor a poté v obráceném smyslu jako plynový tepelný motor, což zejména platí pro spirálové kompresory a kapalinokružné kompresory jako v daném případě. I kdyby to nějakým způsobem mohlo fungovat, potom praktická účinnost bude velice nízká.

Předkládaný vynález pracuje tak, a tedy se liší od dosavadních technických řešení tím, že pracuje v obráceném cyklu, který je mnohem efektivnější a pracuje s maximální dosažitelnou praktickou účinností, přičemž platí to stejné jako u parního motoru: neproběhne-li vratný cyklus přesně obráceně, bude výsledná praktická účinnost výrazně nižší. Právě přesně obrácený cyklus, ve kterém pracuje parní motor, zajišťuje dosažení co největší praktické účinnosti vratného tepelného stroje. (Pozn.: V předkládaném vynálezu nikde v cyklu není děj adiabatický; každý zjednodušený pracovní cyklus, či komplikovanější s použitím adiabatického děje, bude mít vždy výrazně horší praktickou účinnost mezi dvěma danými teplotami.) Malá praktická účinnost současně vyráběných vratných tepelných strojů má sice několik příčin, ale zcela zásadní příčinou je velmi neefektivní průběh vlastního dvoudobého termodynamického cyklu, který je ve své podstatě obráceným uzavřeným parním cyklem. Kapalný plyn je přiváděn z kondenzátoru o vyšší teplotě T_I přes škrtec ventil do výparníku, kde se kapalný plyn odpaří, přičemž odebere ze svého okolí, kde je nižší teplota T , skupenské teplo varu lv , a pára plynu je přivedena o teplotě T do kompresoru, kde je stlačena převážně izoentropicky do kondenzátoru o vyšší teplotě T_I , a zde kondenzuje, čímž je celý značně neefektivní vratný termodynamický cyklus ukončen. Z praxe

víme, že nejefektivnější současné vratné tepelné stroje (tepelná čerpadla) dosahují v nejlepším případě méně než polovinu účinnosti, než je teoretická tepelná účinnost obráceného Carnotova cyklu.

- 5 Do doby objevení předkládaného vynálezu byl stávající takzvaný kompresorový systém sestávající typicky z kondenzátoru, výparníku, škrticího ventilu a kompresoru neúčinnějším tepelným čerpadlem ze všech dosud známých řešení a systémů. Předkládaný vynález je tedy výrazným a nepřekonatelným zlepšením daného systému, který dokáže zvýšit praktickou činnost až o polovinu. Pouhé zařazení protiproudého tepelného výměníku by zvýšilo praktickou účinnost
10 cca o 10 %.

Podstata vynálezu

- 15 Tento úkol je řešen předkládaným vynálezem, jenž pracuje v kontinuálním termodynamickém uzavřeném cyklu a je tvořen teplo odčerpávajícím úsekem o nižší teplotě T a tlaku páry pracovního plynu p , který se vždy nachází v oblasti, ze které je teplo Q odčerpáváno, a teplo odevzdávajícím úsekem o vyšší teplotě T_I a vyšším tlaku páry pracovního plynu p_I , kde je celkové teplo Q_c odebíráno při vyšší teplotě T_I , přičemž oba úseky jsou propojeny potrubím přes
20 protiproudý tepelný výměník.

- Proti dosud existujícím vratným tepelným strojům je zásadní výhodou, že v teplo odčerpávajícím úseku je uložen teplo odčerpávající výměník, ve kterém je kapalný pracovní plyn, a také pohon stroje, jehož hřídel je propojen s hřídelí hydrostatického rotačního izobarického stroje, jeho hřídel
25 je spojen z druhé strany s hřídelem hydromotoru, jehož hřídel je z druhé strany propojen s termoizolační spojkou. Toto uspořádání umožní využít tlaku páry p pracovního plynu v teplo odčerpávajícím výměníku k tomu, že vykoná v hydrostatickém rotačním izobarickém motoru práci W a tato práce potom nemusí být dodána pohonem stroje, což zvyšuje praktickou účinnost.

- 30 Podstata vynálezu spočívá dále v tom, že pára pracovního plynu je přesunuta z hydrostatického izobarického rotačního stroje potrubím přes otevřený elektroventil, dále přes protiproudý tepelný výměník, kde odebere většinu měrného tepla protiproudícímu kapalnému plynu a její teplota se zvýší z teploty T přibližně na T_I , do vstupu hydrostatického rotačního izotermického kompresoru, což dále zvyšuje praktickou účinnost.

- 35 V teplo odevzdávajícím úseku je uložen hydrostatický rotační izotermický kompresor, jehož hřídel je propojen termoizolační spojkou s hydrostatickým rotačním izobarickým strojem a s pohonem stroje uloženými v teplo odčerpávajícím úseku a jeho výstup je propojen přes zpětný ventil s teplo odevzdávajícím výměníkem, ve kterém je zkapalněný pracovní plyn o teplotě T_I .
40 Ten je přiváděn potrubím přes protiproudý tepelný výměník do hydromotoru, přičemž v ideálním případě předá téměř celé své měrné teplo protiproudící páře pracovního plynu a jeho teplota poklesne z T_I na T .

- Z výstupu hydromotoru je pracovní kapalný plyn potrubím přiváděn do teplo odčerpávajícího výměníku, a protože tlak pracovního plynu p_I v teplo odevzdávajícím výměníku při teplotě T_I je větší než tlak p v teplo odčerpávajícím výměníku při teplotě T , vykoná hydromotor izobarickou práci, o kterou může pohon stroje dodat méně, což opět zvyšuje praktickou účinnost. Pracovní objem hydromotoru je přitom nastaven tak, aby hladiny kapalného pracovního plynu v teplo odčerpávajícím výměníku a v teplo odevzdávajícím výměníku byly během provozu vyrovnané.

- 50 Vratný tepelný stroj pracuje tak, že je otevřen elektroventil a spuštěn pohon stroje a tím je pára kapalného plynu z teplo odčerpávajícího výměníku o nižší teplotě T a tlaku p přivedena potrubím do hydrostatického rotačního izobarického stroje, kde se rozpíná izobaricky a koná práci W a na výstupu je vedena potrubím přes elektroventil a přes protiproudý tepelný výměník do
55 hydrostatického rotačního izotermického kompresoru a odtud je pára pracovního plynu stlačena

izotermicko-izobaricky přes zpětný ventil do teplo odevzdávajícího výměníku o vyšší teplotě T_I a tlaku p_I , kde pára kondenzuje a odevzdá zde všechno teplo Q , které bylo odebrané v teplo odčerpávajícím výměníku, plus teplo, ve které se přemění práce dodaná pohonem stroje a práce W vykonaná hydrostatickým rotačním izobarickým strojem a hydromotorem, v podobě celkového tepla Q_c . Souběžně je kapalný plyn z teplo odevzdávajícího výměníku přiváděn potrubím přes protiproudý tepelný výměník, kde předá většinu svého měrného tepla protiproudící páře pracovního plynu, a je přiveden do hydromotoru, kde vykoná práci, a odtud je přiveden potrubím do teplo odčerpávajícího výměníku. Tím je celý kontinuální pracovní cyklus ukončen a přitom bylo z teplo odčerpávajícího úseku odebráno celkové teplo Q_c , které je rovno součtu skupenského tepla varu lv pracovního plynu plus tepla Q , které je rovno vykonané práci W hydrostatickým rotačním izobarickým strojem, včetně tepla Q_I , ve které se proměnila práce W_I dodaná pohonem stroje, a toto teplo bylo pomocí činnosti vratného tepelného stroje přesunuto do teplo odevzdávajícího výměníku při vyšší teplotě T_I . Tím je celý izobaricko-izotermicko-izotermicko-izobarický cyklus ukončen.

Pracovní objemy jednotlivých strojů jsou dány rozdílem teplot $T_I - T$, tak aby všechny jednotlivé děje kontinuálního pracovního termodynamického cyklu proběhly co nejpřesněji. Pouze tak lze docílit maximální praktické účinnosti.

20 Objasnění výkresů

Vynález bude objasněn výkresem konkrétního příkladu vratného tepelného stroje, kde znázorňuje obr. 1. schematické uspořádání celého stroje.

25 Příklad uskutečnění vynálezu

Vratný tepelný stroj, dle zobrazeného příkladného provedení, sestává z teplo odčerpávajícího úseku 11 o nižší teplotě T a teplo odevzdávajícího úseku 12, kde je teplo odebráno při vyšší teplotě T_I , přičemž oba úseky jsou propojeny potrubím přes protiproudý tepelný výměník 9. V teplo odčerpávajícím úseku 11 je uložen teplo odčerpávající výměník 6, ve kterém je pracovní kapalný plyn. Dále je zde umístěn pohon stroje 1, jehož hřídel je propojen s hřídelí hydrostatického rotačního izobarického stroje 2, jehož hřídel je spojen z druhé strany s hřídelem hydromotoru 3 a jeho hřídel z druhé strany je propojen přes termoizolační spojku 5 s hřídelí hydrostatického rotačního izotermického kompresoru 4, jenž je uložen v teplo odevzdávajícím úseku 12. Vstup hydrostatického rotačního izobarického stroje 2, je propojen potrubím s teplo odčerpávajícím výměníkem 6 a výstup je propojen potrubím přes elektroventil 10 a protiproudý tepelný výměník 9, se vstupem hydrostatického rotačního izotermického kompresoru 4 a jeho výstup je propojen potrubím přes zpětný ventil 8 s teplo odevzdávajícím výměníkem 7, ve kterém je kapalný pracovní plyn o vyšší teplotě T_I . Teplo odevzdávající výměník 7 je ve spodní části propojen potrubím přes protiproudý tepelný výměník 9 se vstupem do hydromotoru 3, přičemž jeho výstup je propojen potrubím s teplo odčerpávajícím výměníkem 6, umístěným v teplo odčerpávajícím úseku 11 o nižší teplotě T .

45 Průmyslová využitelnost

Vratný tepelný stroj bude mít výrazně vyšší účinnost než současně používané vratné tepelné stroje a velmi široké využití a vzhledem ke své vysoké praktické účinnosti postupně nahradí dosud používaná tepelná čerpadla, klimatizační jednotky a chladicí stroje, jejichž praktická účinnost nedosahuje ani poloviny teoreticky maximálně dosažitelné účinnosti.

PATENTOVÉ NÁROKY

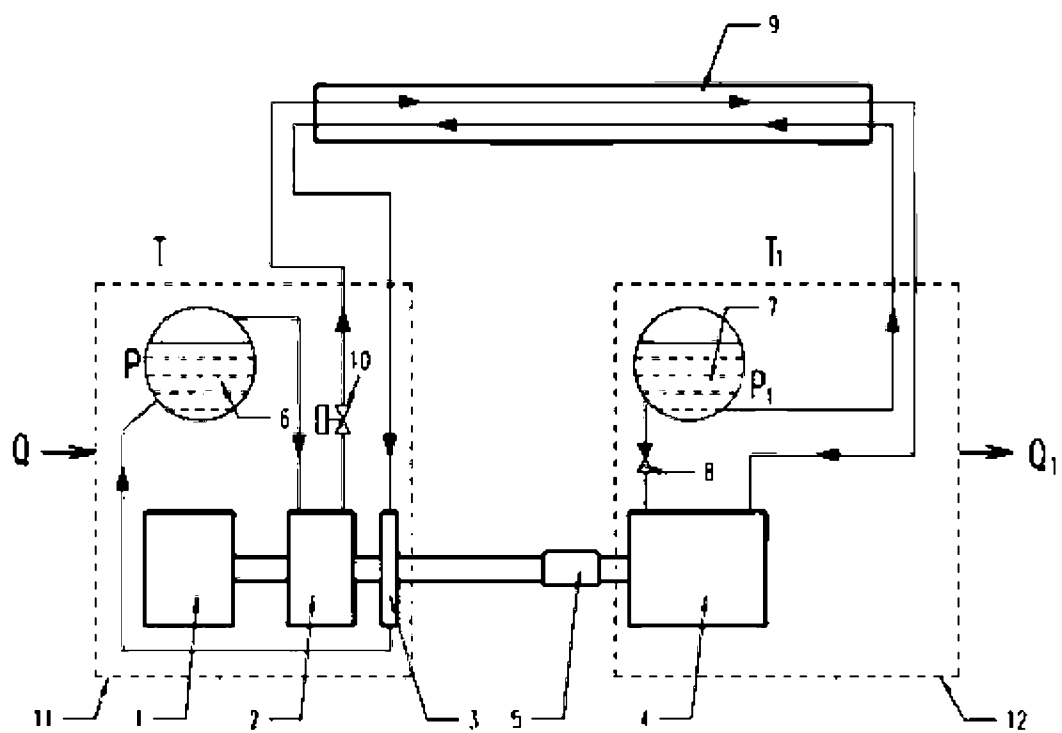
1. Vratný tepelný stroj, sestávající jednak z teplo odčerpávajícího úseku (11) s teplotou T a tlakem p a jednak z teplo odevzdávajícího úseku (12) s teplotou T_I a tlakem p_I vyššími oproti teplotě T a tlaku p v teplo odčerpávajícím úseku (11), **vyznačující se tím**, že teplo odčerpávající úsek (11) je opatřen pohonem stroje (1), hydrostatickým rotačním izobarickým strojem (2), hydromotorem (3), teplo odčerpávajícím výměníkem (6) a elektroventilem (10) a teplo odevzdávající úsek (12) je opatřen teplo odevzdávajícím výměníkem (7), hydrostatickým rotačním kompresorem (4) a zpětným ventilem (8), přičemž propojovací potrubí spojuje teplo odčerpávající úsek (11) s teplo odevzdávajícím úsekem (12) skrze protiproudý tepelný výměník (9), přičemž v teplo odčerpávajícím úseku (11) propojovací potrubí spojuje teplo odčerpávající výměník (6) s hydrostatickým rotačním izobarickým strojem (2), jenž je propojovacím potrubím spojen s elektroventilem (10), jenž je propojovacím potrubím spojen s protiproudým tepelným výměníkem (9), jenž je v teplo odevzdávajícím úseku (12) propojovacím potrubím spojen s hydrostatickým rotačním izotermickým kompresorem (4), který je propojovacím potrubím spojen se zpětným ventilem (8), který je propojovacím potrubím spojen s teplo odevzdávajícím výměníkem (7), který je propojovacím potrubím spojen s protiproudým tepelným výměníkem (9), který je z druhé strany v teplo odčerpávajícím úseku (11) přes propojovací potrubí spojen s hydromotorem (3), jenž je přes propojovací potrubí spojen s teplo odčerpávajícím výměníkem (6).

2. Vratný tepelný stroj podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pracovní látkou jsou kapalné plyny či jejich sloučeniny.

I výkres

Seznam vztahových značek:

- 1 pohon stroje
- 2 izobarický stroj
- 3 hydromotor
- 4 hydrostatický rotační izotermický kompresor
- 5 termoizolační spojka
- 6 teplo odčerpávající výměník
- 7 teplo odevzdávající výměník
- 8 zpětný ventil
- 9 protiproudý tepelný výměník
- 10 elektroventil
- 11 teplo odčerpávající úsek s nižší teplotou T
- 12 teplo odevzdávající úsek s vyšší teplotou T_I



Obr. 1