

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

250547
(11) (B1)

[51] Int. Cl.⁴
F 25 J 1/00

[22] Přihlášeno 07 10 85
[21] (PV 7167-85)

[40] Zveřejněno 18 09 86

[45] Vydáno 15 07 88

[75]

Autor vynálezu

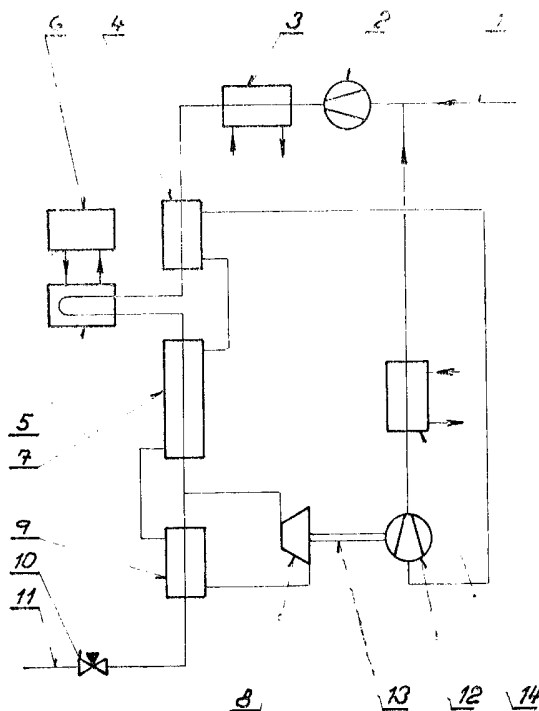
SÝKORA JIŘÍ ing. CSc., DĚČÍN, CHRZ VÁCLAV ing. CSc., ÚSTÍ nad Labem,
JIRSA JAN ing., TEPLICE

(54) Způsob zkapalňování plynu

1

Řešení se týká zkapalňování plynu cirkulací v okruhu, obsahujícím stlačení a expanzi za konání vnější práce. Řeší snížení spotřeby energie pro zkapalňování plynu. Podstata spočívá ve stlačení plynu na nejvyšší tlak cyklu po předcházejícím stlačení v brzdícím kompresoru expanzní turbíny přímým využitím práce získané expanzí. Vynález může být využit u přídavných chladicích cyklů, které souvisí se zařízeními na výrobu kyslíku a dusíku v chemickém a metalurgickém průmyslu nebo u cyklů pro zkapalňování zemního plynu, a to zejména po rekonstrukcích existujících zařízení.

2



Vynález se týká způsobu zkapalňování plynů jako jsou produkty dělení vzduchu — kyslík, dusík a argon cirkulací v okruhu, zahrnujícím stlačení a ochlazení protiproudou výměnou tepla a expanzí dusíku v expanzní turbíně.

Podle známých způsobů zkapalňování větších množství dusíku, kyslíku a argonu je zkapalňování uskutečňováno cirkulací dusíku, který je v cirkulačním turbokompresoru stlačován na tlak cca 3 MPa. Po protiproudém ochlazení studeným cirkulačním médiem převážná část stlačeného dusíku expanduje v expanzní turbíně za konání vnější práce, která je odebírána příkladně v brzdícím generátoru ve formě elektrické energie, na tlak 0,6 MPa. Menší část tlakového dusíku je zkapalňována studeným expandovaným cirkulačním dusíkem a využívána jako produkt, nebo využívána ke zkapalňování příkladně kyslíku. Expandovaný cirkulační dusík je ohříván v protiproudě stlačeným dusíkem a veden na sání cirkulačního turbokompresoru.

Tyto známé způsoby zkapalňování mají některé vážné nevýhody. Především odebírání práce z expanzní turbíny generátorem ve formě elektrické energie je s malou účinností. Celková termodynamická účinnost zkapalňování není vysoká, a to ani při zařazení čpavkového nebo freonového předchlazení cirkulačního dusíku na -40 až -50 °C.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny způsobem zkapalňování plynu jeho cirkulací v okruhu, zahrnujícím stlačení, ochlazení protiproudou výměnou tepla a rozdělení stlačeného plynu na dva proudy, z nichž první expanduje za konání vnější práce v expanzní turbíně, načež ochlazuje a zkapalňuje druhý proud, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že první proud expandovaného plynu je stlačován na nejvyšší tlak cyklu po předchozím stlačení v brzdícím kompresoru expanzní turbíny přímým využitím práce získané expanzí.

Hlavní výhoda způsobu zkapalňování plynů jako jsou produkty dělení vzduchu, podle vynálezu tkví ve vyšší termodynamické účinnosti a tím i v nižší měrné spotřebě energie a dále v jednodušším strojně technologickém vybavení oproti známým způsobům.

Přímé využití práce odebírané v expanzní turbíně ke kompresi dusíku nevyžaduje složitou mechanickou převodovku a uskutečňuje se s vysokou účinností. V podstatě pouhou záměnou expanzní turbíny brzděné generátorem za expanzní turbínu brzděnou brzdícím kompresorem lze dosáhnout snížení měrné spotřeby energie na zkapalnění o 20 %. Zůstává přitom zachován tlak na výstupu z cirkulačního turbokompresoru dusíku. Principem zvýšení efektivnosti zkapalňování je totiž to, že dochází ke snížení tlaku na výstupu z expanzní

turbíny při zachování výtlačného tlaku z cirkulačního turbokompresoru a tlaku na vstupu do expanzní turbíny. V důsledku většího tlakového spádu na expanzní turbíně je i větší výroba chladu a tím i menší měrná spotřeba energie.

Příkladné řešení způsobu zkapalňování plynu podle vynálezu je popsáno na zkapalňování dusíku. Na přiloženém obrázku je zjednodušené technologické schéma zkapalňovacího dusíkového cyklu.

Dusík po zkapalnění vstupuje při tlaku 0,55 MPa do cirkulačního okruhu přivodním potrubím 1. Mísí se s cirkulujícím dusíkem a tvoří tak proud nasávaného dusíku pro cirkulační turbokompresor 2, v němž se dusík stlačuje na nejvyšší tlak cyklu 3 MPa. Stlačený dusík prochází dochlazovačem 3, v němž je kompresní teplo odvedeno chladicí vodou. Dále prochází předchlazovacím výměnníkem 4, v němž se ochlazuje protiproudou výměnou tepla s expandovaným proudem dusíku, čpavkovým výparníkem 5, v němž se dále ochlazuje na teplotu 223 K vroucím čpavkem, který je dodáván z chladicí jednotky 6, dále prochází hlavním výměnníkem 7, v němž se ochlazuje opět protiproudou výměnou tepla s expandovaným proudem dusíku na teplotu 157 K. Pak se rozděluje na první proud, veden k expanzi za konání vnější práce v expanzní turbíně 8 z tlaku 2,9 MPa na tlak 0,45 MPa, a na druhý proud, vedený do zkapalňovacího výměníku 9.

První proud se expanzí ochladí a ve zkapalňovacím výměníku 9 ochlazuje a zkapalňuje druhý proud, který ve stavu kapalného vstupuje do škrticího ventilu 10, kde se snižuje jeho tlak za částečného odpaření a vzniklá směs kapaliny a páry se vede výstupním potrubím 11 k dalšímu použití.

První proud expandovaného dusíku dále prochází hlavním výměnníkem 7 a předchlazovacím výměnníkem 4 a ohřívá se výměnou tepla se stlačeným dusíkem na teplotu 295 K.

Expanzní turbína 8 je brzděna brzdícím kompresorem 12, v němž se přímo využívá vnější práce, získaná expanzí, ke stlačení ohřátého prvního proudu expandovaného dusíku z tlaku 0,42 MPa na tlak 0,56 MPa.

Přímé využití vnější práce se uskutečňuje tak, že vnější práce, získaná v expanzní turbíně 8 se pomocí společného hřídele 13 předává z expanzní turbíny 8 do brzdícího kompresoru 12.

První proud dusíku se po stlačení v brzdícím kompresoru ochlazuje ve vodním chladíči 14 a mísí se s dusíkem pro zkapalnění, přiváděným potrubím 1.

V jiných řešeních způsobu zkapalňování plynu může být dusík pro zkapalnění přiváděn potrubím na sání brzdícího kompresoru 12 nebo na výstup expanzní trubiny 8.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob zkapalňování plynu jeho cirkulací v okruhu, zahrnujícím stlačení, ochlazení protiproudou výměnou tepla a rozdělení stlačeného plynu na dva proudy, z nichž první expanduje za konání vnější práce v expanzní turbíně, načež ochlazuje a zka-

palňuje druhý proud, vyznačující se tím, že první proud expandovaného plynu je stlačován na nejvyšší tlak cyklu po předchozím stlačení v brzdícím kompresoru expanzní turbíny přímým využitím vnější práce, získané expanzí.

1 list výkresů

