



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

213 494

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 29 12 80
(21) PV 9413-80

(51) Int. Cl. F 25 J 3/04

(40) Zveřejněno 10 09 81
(45) Vydáno 01 03 84

(75)

Autor vynálezu

SÝKORA JIŘÍ CSc. ing., DĚČÍN

JIRSA JAN ing., TEPLICE

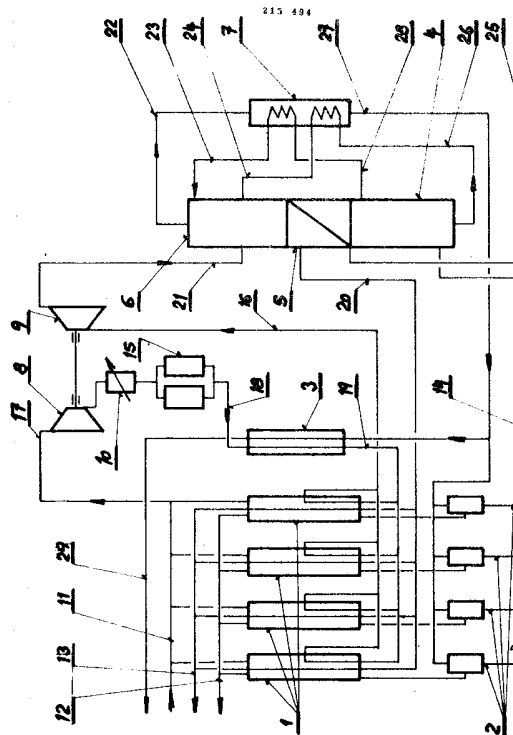
BRABEC JAROSLAV ing., DĚČÍN

(54) Způsob získávání chladu při nízkoteplotním dělení komprimovaného vzduchu
a zařízení k provádění tohoto způsobu

Způsob získávání chladu při nízkoteplotním dělení komprimovaného vzduchu a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Účelem vynálezu je dosažení snížení spotřeby energie při nízkoteplotním dělení vzduchu.

Výše uvedeného cíle se dosahuje u zařízení na dělení vzduchu s regenerátory tím, že menší část vzduchu určeného k dělení je zbavena vody a kysličníku uhličitého adsorpcí a je dále komprimována s přímým využitím práce získané expanzí téhož proudu vzduchu za nízkých teplot v expanzní turbíně. Zařízení k provádění způsobu je charakterizováno tím, že expanzní turbína je přímo spojena s dotlačným kompresorem a je zapojená tak, že její vstup je spojen se vstupem vzduchu do zařízení přes dotlačný kompresor a výměníky tepla.



Vynález se týká způsobu získávání chladu v zařízení na nízkoteplotní dělení vzduchu s regenerátory nebo s přepínacími výměníky a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Podle dosavadních způsobů získávání chladu v zařízení na dělení vzduchu, které pracují nízkotlakým cyklem s regenerátory nebo přepínacími výměníky je teplotní samočistící režim regenerátorů nebo přepínacích výměníků zabezpečován tím, že ve spodní části výměníků tepla je zmenšen poměr přímého ochlazovaného toku vzduchu k množství vratných ohřívavých médií. Například u zařízení s regenerátory je odebírán vzduch ze spodní tlakové rektifikační kolony a je ohříván ve vratných hadecích regenerátorů. Vzduch v tomto typu zařízení pracujících nízkotlakým cyklem vstupuje do zařízení o tlaku cca 0,6 MPa. Na náplni regenerátorů se ochlazuje na teplotu blízkou teplotě sytosti. Ve vratných hadecích regenerátorů se ohřívá na teplotu 120 - 130 K a je veden do expanzní turbíny, kde expanduje na tlak okolo 0,15 MPa. Po expanzi je vzduch veden do nízkotlaké kolony. Expanzní turbína bývá většinou brzděna generátorem, který vyrábí elektrickou energii do elektrické sítě. Tento způsob výroby chladu má však některé nevýhody, které obzvláště vynikají při zvýšených požadavcích na výrobu kapalných produktů dělení a tím i na produkci chladu. Při zvýšené výrobě kapalin musí být v expanzní turbíně expandováno větší množství vzduchu. Tím dochází ke zhoršování refluxních poměrů v nízkotlaké koloně a ke snižování výtěžnosti kyslíku. Soustrojí expanzní turbína a generátor je složité a vzhledem k různým otáčkám vyžaduje náročnou převodovou skříň. Zisk energie odebírané z expanzní turbíny je snižován účinností převodové skříně i generátoru.

Výše uvedené nevýhody jsou odstraněny způsobem získávání chladu v zařízení na dělení vzduchu nízkotlakým cyklem expanzní části vzduchu v expanzní turbíně s výměnou tepla v regenerátorech, či přepínacích výměnících a ve výměnících tepla, jehož podstata je, že je vzduch pro kompresi na tlak potřebný k jeho dělení, rozdělen na dvě části, z nichž první, větší, je ochlazována na teplotu blízkou teplotě sytosti v regenerátorech, či v přepínacích výměnících, zatímco druhá, menší, část je dále komprimována přímým využitím práce získané v expanzní turbíně, načež je pro ochlazení vnějším chladivem dále ochlazována ve výměníku tepla nejmeně jedním produktem dělení a pak expandována v expanzní turbíně. Tento způsob získávání chladu je dále charakterizován tím, že druhá, menší část vzduchu je pro kompresi zbavena vody a kyslíčnicku uhličitého adsorpcí. Zařízení k provádění způsobu sestává především z generátorů nebo přepínacích výměníků, ventilových komor, adsorberů, expanzní turbíny, dotlačného turbokompresoru a příslušného potrubí s armaturami a jeho podstatou je, že expanzní turbína je přímo spojena s brzdícím dotlačným turbokompresorem, přičemž vstup do expanzní turbíny je propojen se vstupem do regenerátorů nebo přepínacích výměníků přes dotlačný turbokompresor, výměníky tepla a adsorbéry, zatímco dolní tlaková rektifikační kolona je propojena se vstupem do regenerátorů přes ventilové komory a regenerátory.

Hlavní výhoda způsobu výroby chladu podle vynálezu tkví v tom, že umožňuje z nízkotlakých zařízení na dělení vzduchu s regenerátory nebo s přepínacími výměníky vyrábět ekonomicky kapalně produkty dělení. Práce získávaná expanzní turbínou je přímo využívána ke kompresi média určeného k expanzi, ale na vyšší teplotní úrovni. Vlivem vyššího vstupního tlaku do ex-

213 494

panzní turbíny je vyráběno i větší množství chladu. V porovnání s dosavadním způsobem výroby chladu s odebíráním práce v expanzní turbíně do elektrického generátoru je možné pro stejné množství vyráběného kapalného produktu snížit množství vzduchu do expanzní turbíny o cca 30 %. To se pochopitelně výrazně projeví na zvýšení výtěžnosti produktů dělení vzduchu. Vyplyvá z toho, že pro výrobu chladu dle vynálezu při stejné produkci produktů dělení vzduchu jako u dosavadních známých metod je dosaženo větší měrné spotřeby energie. Zařízení k realizaci způsobu je velmi jednoduché. Expanzní turbína brzděná dotlačujícím turbokompresorem je méně nákladná i jednodušší, než dosavadní expanzní turbíny s generátory a převodovými skříněmi.

Příkladné provedení způsobu získávání chladu dle vynálezu je patrné z přiloženého obrázku, kde je zjednodušené technologické schéma nízkotlakého zařízení na dělení vzduchu s regenerátory na výrobu 5 000 Nm³/h čistého 99,5 % plynného kyslíku a 500 Nm³/h kapalného kyslíku.

Vzduch stlačený na tlak 0,7 MPa vstupuje potrubím 11 do regenerátorů 1, kde se na náplni ochlazuje na teplotu blízkou teplotě sytosti. Ochlazený vzduch, který je vymrzáním na náplni zbaven kysličníku uhličitého a vodní páry je veden přes ventilové komory 2, potrubím 14 do spodní tlakové kolony 4. V tlakové komoře 4 se vzduch předběžně rektifikací rozděluje na tak zvanou bohatou kapalinu obsahující 38 - 40 % O₂, která je vedena potrubím 26 do podchlazovacího výměníku 7 a v protiproudém ochlazení plynným dusíkem je nastříkována potrubím 24 střední části horní nízkotlaké kolony 6. Dalším meziproduktem dělení dolní tlakové kolony 4 je kapalný dusík, který je odebírán potrubím 28 a po ochlazení v podchlazovacím výměníku 7 je potrubím 23 nastříkovan na poslední patro nízkotlaké kolony 6. Reflux v dolní tlakové koloně 4 je zabezpečován hlavním kondenzátorem 5, který slouží zároveň jako vařák horní nízkotlaké kolony 6. V horní nízkotlaké koloně 6 dochází za tlaku 0,5 MPa ke konečnému rozdělení vzduchu na kyslík a dusík. Plynný odpadní dusík odchází z hlavy nízkotlaké rektifikační kolony 6 potrubím 22 a po zvýšení teploty v podchlazovacím výměníku 7 je veden potrubím 27 přes ventilové komory 2 do regenerátorů 1. Na náplni regenerátorů 1 se dusík ohřívá na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu a vynáší z náplně vymrzlý kysličník uhličitý a vodní páru. Ze zařízení pak odpadní dusík vystupuje potrubím 12. Plynný kyslík o koncentraci 99,5 % O₂ vystupuje z nízkotlaké kolony 6 potrubím 20 a v trubkové vestavbě regenerátorů 1 je ohříván na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu a ze zařízení vystupuje jako produkt potrubím 13. Kapalný kyslík je odebírán z hlavního kondenzátoru 5 potrubím 25. Vzduch vstupující do zařízení potrubím 11 je rozdělen na dvě části. Větší proudí do regenerátorů 1, menší část potrubím 17 do dotlačujícího turbokompresoru 8, který zároveň slouží jako brzda expanzní turbíny 9. V dotlačujícím turbokompresoru 8 je jeho tlak zvýšen na 0,9 MPa. Po následujícím ochlazení ve vodním chladiči 10 je vzduch opět veden potrubím 18 do výměníku 2, kde se ochlazuje blízko meze sytosti. Komprimovaný ochlazený proud vzduchu je veden potrubím 19 do regenerátorů 1, kde se ve vratných hadech zahřívá na teplotu 120 - 130 K. Dochází tak k snížení rozdílu teplot na studeném konci regenerátorů 1. Ohřátý vzduch je z vratných hadů veden potrubím 16 do expanzní turbíny 9. Samočistící teplotní režim regenerátorů 1 zabezpečující dokonalé odstranění vodní páry a kysličníku uhličitého ze zpracovávaného vzduchu je tedy zajišťován vratnými hady v jejich spodní části na úkor ohřevu vzduchu určeného pro expanzní turbínu 9. Vzduch vedený do expanzní turbíny 9, expanduje na tlak horní nízkotlaké kolony 6,

t.j. na 0,15 MPa. Do kolony 6 je veden potrubím 21. Práce získávaná v expanzní turbíně je přímo využita ke zvýšení tlaku vzduchu na vstupu do expanzní turbíny a tím i ke zvýšení jejího chladicího výkonu. Vzhledem k tlakovému spádu, který je zpracován v expanzní turbíně 2 je možné, aby průtočné množství vzduchu, které je v ní expandováno, zůstalo v mezích, kdy neovlivňuje podstatně výtěžnost kyslíku ze zpracovávaného vzduchu. Kysličník uhličitý a vodní pára v pruhu vzduchu, který je stlačený v dotlačujícím turbokompresoru 8 je odstraňován adsorbci na molekulových sítích v adsorberech 15. Dle jiného příkladného řešení může být odstraňován kysličník uhličitý adsorbci na silikagelu ze studeného vzduchu před vstupem do expanzní turbíny 2. Pro zjednodušení technologického schématu jsou z něj vypuštěny např. potrubí umožňující regulovat teplotu vzduchu před expanzní turbínou 2 obtokem komprimovaného vzduchu mimo vratné hady regenerátorů 1. Ve výměníku 2 dochází k výměně tepla mezi komprimovaným vzduchem a dusíkem, který je v tomto výměníku ohříván na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu a vyváděn ze zařízení potrubím 29. Vzhledem k tomu, že je tento dusík suchý, může být použit k regeneraci adsorberů. Příkladné zařízení k provádění způsobu dle vynálezu je též patrné z přiloženého zobrazení. Jednotlivé části zařízení na dělení vzduchu byly již popsány při popisu technologického schématu. Dotlačný kompresor 8 tvoří s expanzní turbínou 2 jedno soustrojí a výtlačná strana turbokompresoru 8 je propojena se vstupní stranou expanzní turbíny 2 přes protiproudý výměník tepla 2 a vodní chladič 10. Turbokompresor je tedy zároveň brzdou expanzní turbíny 2. Mimo protiproudý výměník tepla 2, ve kterém dochází k výměně tepla mezi dusíkem a vzduchem, jsou mezi vstupem vzduchu do regenerátorů 1 a vstupním hrdlem expanzní turbíny 2 ještě adsorbéry 15 kysličníku uhličitého a vodní páry a další výměník tepla. Jednak je to chladič 10, který snižuje teplotu vzduchu pokompresí v dotlačném kompresoru 8 na max. 15 °C a dále výměník tvořený trubkovou vestavbou na spodním konci regenerátorů 1. Při jiném příkladném uspořádání však může být samočisticí funkce regenerátorů zajištěna jiným způsobem a v trubkových hadech na studeném konci regenerátorů vedeno jiné médium. Zařízení dle vynálezu je v porovnání se stávajícím méně investičně nákladné, neboť v regenerátorech dochází k výměně menšího množství tepla a mohou být tedy menší.

Způsob výroby chladu dle vynálezu může najít nejlepší uplatnění v nízkotlakých zařízeních na dělení vzduchu v případech, kdy je požadována částečná produkce kapalných produktů dělení. Představuje nejefektivnější využití energie odebírané v expanzní turbíně k výrobě chladu a tím i k výrobě kapalných produktů dělení vzduchu. Zařízení k provádění způsobu dle vynálezu je investičně méně nákladné než stávající zařízení, v kterých je expanzní turbína brzděna generátorem.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob získávání chladu při nízkoteplotním dělení komprimovaného vzduchu ochlazováním jednak v regenerátorech za současného odstraňování kysličníku uhličitého a vodní páry a jednak rekuperativní výměnou tepla s produkty dělení ve výměnících s expanzní částí vzduchu za konání vnější práce, vyznačující se tím, že vzduch je po kompresi rozdělen na dvě části, z nichž menší, určená k expanzi za konání vnější práce, je dále komprimována pří-

213 494

mým využitím práce touto expanzí získanou a zbavena kyslíčnicku uhličitého a vodní páry, zatímco větší část vzduchu je ochlazována v regenerátorech na teplotu blízkou teplotě sytosti.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že část vzduchu určená k expanzi je zbavována kyslíčnicku uhličitého a vodní páry adsorbicí.
3. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, 2, sestávající především z regenerátorů, rektifikačních kolon, výměníků tepla, ventilových komor, expanzní turbíny, podadsorberů, armatur a potrubí a dotlačného turbokompresoru, vyznačující se tím, že expanzní turbína (9) je přímo mechanicky spojena s dotlačným kompresorem (8), přičemž vstup do expanzní turbíny (9) je propojen se vstupem (11) vzduchu do zařízení přes dotlačný turbokompresor (8) a výměníky (10, 3) tepla a případně přes vratné hady regenerátorů (1), zatímco dolní tlaková komora (4) je propojena se vstupem (11) vzduchu přes ventilové komory (2) a regenerátory (1).

1 výkres

