



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

225 912

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 20. 01. 81
(21) PV 373-81

(51) Int. Cl.³

F 25 J 3/02

(40) Zveřejněno 29. 07. 83
(45) Vydáno 01. 07. 85

(75)
Autor vynálezu CELAR LUBOMÍR Ing., SÝKORA JIŘÍ Ing.CSc., BRABEC JAROSLAV Ing., DĚČÍN
JIRSA JAN Ing., TEPLICE

(54) Způsob výroby čistých produktů dělení vzduchu a zařízení k provádění tohoto způsobu

1

Předmět vynálezu se týká způsobu výroby čistých produktů dělení vzduchu ze zařízení na dělení vzduchu s regenerátory, který pracuje nízkotlakým cyklem a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Podle dosavadního způsobu získávání čistých produktů dělení vzduchu, t.j. kyslíku a dusíku bez vodní páry a kysličníku uhličitého, ze zařízení na dělení vzduchu s regenerátory je vzduch určený k dělení komprimován na tlak asi 0,6 MPa a načež je ochlazován na teplotu blízkou teplotě zkapalnění na náplni regenerátorů, přičemž z něj vymrzá voda a kysličník uhličitý. V systému kolon dvojnásobné rektifikace je vzduch zkapalněn a dělen rektifikací. Čisté produkty dělení jsou vyváděny z rektifikační kolony a ohřívány v trubkové vestavbě regenerátorů na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu. Tyto čisté produkty dělení jsou proto produkovány bez kysličníku uhličitého a vodní páry.

Ostatní produkty dělení, kterými je například odpadní dusík či kyslík o nižší čistotě jsou vyváděny ze zařízení přes kamennou náplň regenerátorů. Ohřívají se přitom na kamenné náplni na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu, ale současně vynášejí z náplně vymrzlý kysličník uhličitý a vodní páru. Mimo to jsou znečišťovány vzduchem netěsnostmi příslušných přepínacích armatur. Samovynášecí schopnost regenerátorů je zajišťována tím, že na jejich studeném konci je zmenšen rozdíl teplot mezi vstupujícím ochlazovaným vzduchem a produkty, které proudí po náplni. Dosahuje se to u regenerátorů s kamennou náplní převážně vratnými trubkovými hady, v kterých se ohřívá médium určené v expanční turbíně za konání

vnější práce na teplotu 120 až 160 K. Přes vratné trubkové hady je veden buď vzduch nebo dusík z dolní rektifikační kolony o tlaku 0,58 MPa, který v expansní turbíně expanduje na tlak odpovídající tlaku horní kolony 0,15 MPa. Výše uvedený způsob výroby čistých produktů má však některé vážné nevýhody. V trubkové vestavbě regenerátorů, v kterých jsou ohřívány čisté produkty dělení, dochází k regenerativně rekuperativní výměně tepla s médii, které proudí po kamenné náplni regenerátorů. Lze docílit proto pouze určitého minimálního rozdílu teplot na teplém konci regenerátorů. Většinou bývají čisté produkty vyváděny o teplotě 12 až 16 K nižší než je teplota vzduchu na vstupu do regenerátorů. Tato velká teplotní nedorekuperace na teplém konci regenerátorů představuje velké tepelné ztráty zařízení a je termodynamicky nevýhodná. Zmenšuje například možnost produkce části plynů v kapalném stavu. Trubková vestavba regenerátorů je velmi rozměrná a nákladná.

Tyto nevýhody jsou odstraněny způsobem výroby čistých produktů dělení vzduchu dvojnásobnou rektifikací zkapalněného vzduchu s výměnou tepla mezi vystupujícími produkty a vstupujícím vzduchem v regenerátorech a výměnících tepla, jehož podstata spočívá v tom, že nejméně jeden čistý produkt dělení vzduchu rektifikací je ohříván regenerativně rekuperativní výměnou tepla na spodní části regenerátorů na teplotu 120 až 160 K, načež je v protiproudu ohříván rekuperativní výměnou tepla na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu, vzduchem, který má tlak alespoň o 0,02 MPa vyšší, než tlak vzduchu na vstupu do regenerátorů. Zařízení na dělení vzduchu k provádění způsobu podle vynálezu sestává především z regenerátorů, výměníků tepla, rektifikačních kolon, absorberů, ventálových komor, expansních turbin, potrubí a armatur a jeho podstata spočívá v tom, že výstup alespoň jednoho čistého produktu ze zařízení je propojen s rektifikační kolonou přes vratné hady regenerátorů a protiproudý výměník.

Hlavní výhoda způsobu získávání čistých produktů dělení vzduchu dle vynálezu tkví v tom, že je možné vyrábět čisté produkty dělení i ze zařízení na dělení vzduchu s regenerátory, které nemají vestavěné trubkové hady. Je výhodně využita instalovaná plocha vratných hadů na studeném konci regenerátorů. Protiproudý výměník, který slouží k ochlazení vzduchu mimo regenerátory je menší než výměnná plocha, která by byla potřebná pro trubkovou vestavbu v regenerátorech. Další významná výhoda je v tom, že čisté produkty vystupují s malou tepelnou nedorekuperací na teplém konci protiproudého výměníku. Tento teplotní rozdíl může být 3 až 5 K, zatímco v případě vývodu čistých produktů přes trubkovou vestavbu regenerátorů lze dosáhnout rozdílu teplot 12 až 16 K. Způsob výroby čistých produktů dle vynálezu je tedy termodynamicky výhodnější a umožňuje například získávat větší část produktu v kapalném stavu.

Příkladné provedení způsobu výroby čistých produktů dělení vzduchu dle vynálezu je zřejmé z připojeného obr. 1, kde je zjednodušené technologické schéma zařízení na dělení vzduchu, které produkuje 5 000 Nm³/h kyslíku (98,5 % O₂) a 6 000 Nm³/h dusíku s obsahem nejvýše 10 ppm O₂. Vzduch je v kompresoru 1 stlačován na tlak 0,6 MPa. Potrubím 16 je veden do regenerátorů, kde se ve dvojici dusíkových regenerátorů 2 a kyslíkových regenerátorů 3 ochlazuje na teplotu blízkou teplotě sytosti a přitom z něj vymrzá CO₂ a vodní pára. Menší část vzduchu (asi 20 %) je dále komprimována v dotlačném kompresoru 4 na tlak 0,8 až 1 MPa, kam je přiváděna potrubím 17. Po ochlazení v chladiči 5 je tento vzduch adsorpčně zbavován vodní páry v adsorberech 6. Pak je protiproudě ochlazen ve výměníku 7 na teplotu 120 až 160 K, t.j.

na teplotu vhodnou pro vedení do expanzní turbíny 9. K odstraňování kysličníku uhličitého dochází v silikagelových adsorberech 8. Vzduch ochlazený v regenerátorech 2, 3 je veden přes ventilové komory 10, 11 potrubím 25 do systému kolon dvojnásobné rektifikace, který sestává z dolní tlakové kolony 12, hlavního kondenzátoru 14 a horní kolony 13. V dolní koloně 12 vzduch zkapalní a předběžně se rozdělí na bohatou kapalinu obsahující asi 38 % O_2 a kapalný dusík. Tyto kapaliny jsou pak jako meziprodukty dělení nastříkovány po podchlazení ve výměníku 15 do horní nízkotlaké kolony 13, kde dochází za tlaku asi 0,15 MPa ke konečné rektifikaci. Bohatá kapalina proudí potrubím 24, kapalný dusík potrubím 28. Do nízkotlaké kolony je přiváděn k rektifikaci vzduch z expanzní turbíny 9 potrubím 23. Ze spodní části nízkotlaké kolony 13 vystupuje plynný kyslík jako produkt dělení a je veden potrubím 26 přes ventilové komory 11 do dvojice kyslíkových regenerátorů 2, kde se ohřívá na kamenné náplni na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu. Přitom vynáší z náplně vymrzlý kysličník uhličitý a vodní páru. Obdobně odpadní dusík vystupuje z nízkotlaké kolony 13 potrubím 27 a po ohřevu ve výměníku 15 proudí přes ventilové komory 10 do dvojice dusíkových regenerátorů 2 a vystupuje ze zařízení potrubím 19. Produkováný kyslík obsahující vodní páru a kysličník uhličitý vystupuje potrubím 20. Čistý plynný dusík s obsahem nejvýše 10 ppm O_2 je vyváděn z hlavy nízkotlaké rektifikační kolony 13 potrubím 22. Ve vratných hadech regenerátorů 2, 3 se regenerativně rekuperativní výměnou tepla ohřívá na teplotu 120 až 160 K a vystupuje potrubím 21. Zajišťuje přitom teplotní režim na studeném konci regenerátorů, který je zárukou jejich samovynášecí činnosti. Požadovaný rozdíl teplot na studeném konci regenerátorů je možné regulovat uvedením částí produkovaného čistého dusíku mimo vratné hady regenerátorů potrubím 30. Čistý dusík se dále zahřívá v protiproudu vstupujícíím vzduchem v protiproudém výměníku 7 na teplotu blízkou jeho teplotě. Čistý dusík vystupuje ze zařízení výstupem 18. Aby bylo možné regulovat teplotu vzduchu na vstupu do expanzní turbíny 9 je přes protiproudý výměník 7 vyváděno menší množství odpadního dusíku. Z protiproudého výměníku 7 a ze zařízení pak vystupuje potrubím 29.

Podle jiného příkladného řešení způsobu získávání čistých produktů dělení vzduchu dle vynálezu je možné čistý produkt dělení ohřívát ve vratných hadech pouze některých dvojic regenerátorů. Čistým produktem též může být i tlakový dusík z dolní rektifikační kolony. Regulaci teploty vzduchu na expanzní turbínu je možné též uskutečnit vývodem tlakového dusíku či vzduchu přes protiproudý výměník 7. Tlakový dusík pak může být s výhodou využit pro regeneraci adsorberů. Je též možné řešení, při kterém je například čistý kyslík vyváděn přes trubkovou vestavbu v regenerátorech 2, 3, zatím co dusík je vyváděn přes vratné hady a výměník 7.

Příkladné řešení zařízení k provádění způsobu výroby čistých produktů dle vynálezu je též zřejmé z přiloženého zjednodušeného schématu na obrázku. Dle příkladného řešení je výstup čistého dusíku s nejvýše 10 ppm O_2 ze zařízení výstupem 18 propojen s nízkotlakou rektifikační kolonou 13 přes vratné hady regenerátorů 2, 3 může být pochopitelně zařazen i zkapalňovací výměník, který zde však není pro zjednodušení uváděn.

Hlavní výhodou způsobu získávání čistých produktů dělení vzduchu dle vynálezu je v tom, že umožňuje vyrábět čistý kyslík nebo dusík s menšími tepelnými ztrátami, což dovolu je vyrábět část produkce v kapalném stavu. Investičně je celé zařízení méně nákladné, neb je možné, aby regenerátory byly výrazně menší.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob výroby čistých produktů dělení vzduchu dvojnásobnou rektifikací zkapalněného vzduchu s výměnou tepla mezi vystupujícími produkty a vstupujícím vzduchem v regenerátorech a výměnících tepla, vyznačující se tím, že nejméně jeden čistý produkt dělení rektifikací je ohříván regenerativně-rekuperativní výměnou tepla ve spodní části regenerátorů na teplotu 120 až 160 K, načež je v protiproudu ohříván rekuperativní výměnou tepla na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu vzduchem, který má tlak alespoň o 0,02 MPa vyšší než tlak vzduchu na vstupu do regenerátorů.

2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, sestávající z regenerátorů, výměníků tepla, rektifikačních kolon, adsorberů, expansních turbin, ventilových komor, potrubí, armatur, vyznačující se tím, že výstup (18) nejméně jednoho čistého produktu ze zařízení je propojen s rektifikační kolonou (13) přes vratné hady regenerátorů (2,3) a protiproudý výměník (7).

1 výkres

