



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

220653
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
F 25 J 5/00

(22) Přihlášeno 08 04 81
(21) (PV 2622-81)

(40) Zveřejněno 15 09 82

(45) Vydáno 15 12 85

(75)
Autor vynálezu

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

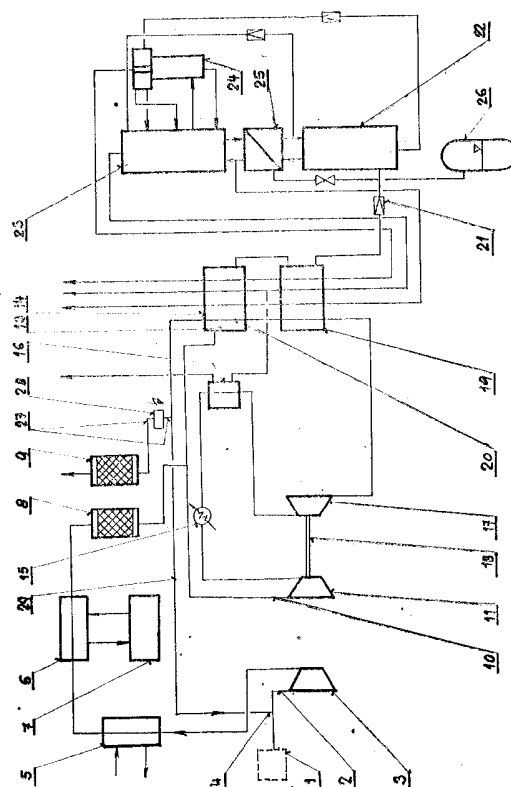
(54) Způsob získávání chladu při dělení vzduchu a zařízení k provádění tohoto způsobu

1

Vynález řeší snížení tlaku vstupujícího vzduchu v procesu jeho dělení při nízkých teplotách. Dále řeší výrobu části produktů dělení v kapalném stavu nezávisle na průtoku vzduchu, zpracovávaného v rektifikačním systému a bez zvýšení nároků na proces adsorpčního čištění. Tohoto cíle je dosaženo rozdělením adsorpčně vyčištěného vzduchu na první a druhý proud, z nichž první je dále dotlačován, chlazen vnějším chlazením a produktem dělení, expandován za konání vnější práce a pak ohříván výměnou tepla s druhým proudem, který je veden k rektifikačnímu dělení.

Vynález zahrnuje i varianty s dotlačováním prvního proudu s přímým využitím práce, získané jeho expanzí, s částečným získáním adsorpčně vyčištěného vzduchu z ohřátého prvního proudu, případně s využitím prvního proudu pro regeneraci. Dále vynález řeší i zařízení k provádění popsaného způsobu dělení vzduchu.

2



Vynález se týká způsobu získávání chladu při dělení stlačeného adsorpčně vyčištěného vzduchu rektifikací za nízkých teplot s protiproudou výměnou tepla, dotlačováním vzduchu a expanzí vzduchu za konání vnější práce a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Dosud známé způsoby získávání chladu při dělení stlačeného adsorpčně vyčištěného vzduchu se provádějí tak, že stlačený a adsorpčně vyčištěný vzduch o přetlaku obvykle větším než 1,3 MPa je ochlazen produkty dělení na teplotu v rozsahu 130 až 170 K, pak je jeho větší část expandována za konání vnější práce na tlak blízký tlaku prvního stupně rektifikace, to je asi 0,6 MPa a vedena k rektifikačnímu dělení. Jiný známý způsob dělení vzduchu využívá expanze za konání vnější práce z tlaku obvykle menšího než 1 MPa na tlak blízký tlaku druhého stupně rektifikace, to je asi 0,14 MPa a tento expandovaný vzduch je pak zaváděn do druhého stupně rektifikace.

Nevýhodou známých způsobů získávání chladu při dělení stlačeného adsorpčně čistěného vzduchu je, že při expanzi na tlak asi 0,6 MPa je nutný vysoký výchozí tlak adsorpčně vyčištěného vzduchu a při zavádění expandovaného vzduchu do druhého stupně rektifikace se zhoršuje dělicí schopnost rektifikačního procesu. Zařízení k provádění tohoto způsobu musí mít nádoby dimenzované na vysoký tlak, případně musí mít vysoké kolony s velkým počtem pater.

Tyto nevýhody jsou odstraněny způsobem získávání chladu při dělení stlačeného adsorpčně vyčištěného vzduchu podle vynálezu, jehož podstatou je rozdělení adsorpčně vyčištěného vzduchu na první a druhý proud, z nichž první je dále dotlačován, ochlazen vnějším chlazením, v protiproudu chlazen vystupujícím produktem dělení a expandován za konání vnější práce, načež se ohřívá výměnou tepla s druhým proudem, který se při tom ochlazuje a po ochlazení je veden k rektifikačnímu dělení.

Přitom může být dotlačování prvního proudu uskutečňováno s přímým využitím práce, získávané expanzí tohoto proudu. Alespoň část prvního proudu se po ohřátí směšuje s atmosférickým vzduchem před kompresí. Popřípadě se alespoň část prvního proudu vyvádí po ohřátí do atmosféry přes adsorbéry, v kterých desorbuje adsorbovaný kyslíčník uhličitý a vodní páru.

Uvedené nevýhody zařízení k provádění známých způsobů dělení jsou odstraněny zařízením, u něhož výstup adsorpční stanice je propojen jednak přes dotlačovací kompresor, vnější chladič, výměník tepla expanzního vzduchu, expanzní turbínu s prvním prostorem hlavního výměníku tepla, jednak přes druhý prostor hlavního výměníku tepla s rektifikační kolonou. Hřídel dotlačovacího kompresoru je přitom výhodně spojen s hřídelem expanzní turbíny, první prostor hlavního výměníku je popřípadě

propojen potrubím se sáním hlavního kompresoru a/nebo je s výhodou propojen potrubím regenerace s adsorbéry adsorpční stanice.

Výhodou způsobu získávání chladu při dělení stlačeného adsorpčně vyčištěného vzduchu podle vynálezu je nízký vstupní tlak vzduchu do zařízení, z čehož vyplývá nízká spotřeba energie. Další výhodou je možnost výroby chladu a tedy podílu produktů, vyráběných v kapalně formě, nezávisle na průtoku vzduchu, zpracovávaného v rektifikačním systému. Výhodou dotlačování prvního proudu s přímým využitím práce, získané expanzí tohoto proudu je vyloučení energetických ztrát při přenosu, případně přeměně energií. Výhodou získání stlačeného adsorpčně vyčištěného vzduchu stlačením alespoň části prvního proudu po jeho ohřátí je zředění kysličníku uhličitého ve vzduchu, procházejícím procesem adsorpčního čištění a z toho vyplývající snížení investičních i energetických nároků na tento proces.

Výhoda využití části prvního proudu po jeho ohřátí druhým proudem pro regeneraci adsorbentu v procesu adsorpčního čištění spočívá ve snížení množství vzduchu, zpracovávaného v rektifikačním systému, neboť regenerační médium neprochází tímto systémem. Výhodou zařízení podle vynálezu jsou nízké investiční náklady v důsledku nízkého pracovního tlaku, který se projevuje v menší hmotnosti tlakových nádob a v jednoduchém provedení hlavního kompresoru. Jednoduchost spočívá i v mechanickém spojení hřídele dotlačovacího kompresoru s hřídelem expanzní turbíny. Je-li první prostor hlavního výměníku propojen potrubím se sáním hlavního kompresoru, mohou být menší adsorbéry pro čištění vzduchu. Propojení prvního prostoru hlavních výměníků potrubím s adsorbéry adsorpční stanice je výhodné v případech, kdy rektifikační systém je určen k výrobě maximálního množství dusíku i kyslíku a výroba regeneračního média by zvyšovala nároky na tento systém.

Příkladné provedení způsobu a zařízení podle vynálezu je znázorněno na připojeném obr. 1. Způsobem podle vynálezu se v tomto zařízení vyrábí dusík o čistotě 99,9 proc., kyslík o čistotě 99,5 % a argon o čistotě 95 %. Část kyslíku se vyrábí v kapalném stavu. Atmosférický vzduch v množství 300 kmol/h vstupuje do filtru 1 a pokračuje do sání 2 kompresoru 3, kde se k němu mísí čistý vzduch, přicházející potrubím 4 jako recykl z hlavního výměníku 14. Po stlačení v kompresoru 3 na tlak 800 kPa vstupuje stlačený vzduch do vodního chladiče 5, kde se chladí na teplotu 30 °C.

Dále se ochlazuje ve výparníku 6 čpavku na teplotu 5 °C. Kapalně čpavek do výparníku 6 dodává chladicí stanice 7. Stlačený vzduch vstupuje dále do prvního adsorbéru

8 adsorpční stanice, zatímco druhý adsorbér **9** je regenerován. Adsorbéry jsou naplněny molekulovým sítem, na kterém se zachycuje vodní pára a kysličník uhličitý. Výstupní potrubí z adsorbéru **8** je rozvětveno a první jeho část **10** je spojena se sáním dotlačovacího kompresoru **11**, zatímco druhá část **12** je propojena s druhým prostorem **13** hlavního výměníku **14**.

První částí **10** je veden první proud stlačeného a adsorpčně vyčištěného vzduchu v množství 200 kmol/h, který je v dotlačovacím kompresoru **11** dotlačen na tlak 1000 kPa. V chladiči **15** je jeho teplota snížena na 30 °C. Dále první proud prochází výměníkem **16** expanzního vzduchu, v němž se ochladí na teplotu 135 K a vstupuje do expanzní turbíny **17**. Zde expanduje na tlak 125 kPa, přičemž se ochlazuje na teplotu 90 K. Práce získaná expanzí se předává hřídelem **18** expanzní turbíny, který je mechanicky spojen s hřídelem dotlačovacího kompresoru **11** tak, že oba hřídele tvoří jediné těleso. První proud, vystupující z expanzní turbíny prochází postupně trubkami zkapařovače **19** a trubkami hlavního výměníku **14**, které tvoří první prostor **20** tohoto výměníku. Ve zkapařovači **19** i v hlavním výměníku **14** se první proud ohřívá výměnou tepla s druhým proudem, který proudí v mezitrubkovém prostoru, to jest v druhém prostoru **13** hlavního výměníku **14** a v mezitrubkovém prostoru zkapařovače **19**.

Přitom se druhý proud ochladí až na teplotu 104 K a částečně přitom zkapaří. Ze zkapařovače **19** vstupuje přes regulační ventil **21** do dolní kolony **22**, kde se při tlaku 600 kPa rozděluje rektifikací na kapalný dusík o obsahu 0,01 % O_2 a bohatou kapalinu o obsahu 37 % O_2 . Kapalný dusík se vede do hlavy horní kolony **23**. Bohatá kapalina se vede do deflegmátoru argonové kolony **24**, kde se částečně odpaří a plynná i kapalná část pak vstupují do horní kolony **23**. V horní koloně probíhá rektifikace, jejímiž produkty jsou kyslík o obsahu 99,5 % O_2 a dusík s obsahem 0,01 % O_2 . Jako kondenzátor dolní kolony a zároveň vařák horní kolony slouží hlavní kondenzátor **25**.

Dusík odchází z hlavy horní kolony trubkovým prostorem zkapařovače **19**, pak se rozděluje na dva proudy, z nichž jeden ochlazuje první proud vzduchu ve výměníku **16** expanzního vzduchu a druhý se podílí na ochlazení druhého proudu vzduchu v samostatném trubkovém prostoru hlavního výměníku **14**. Plynný kyslík vystupuje ze zařízení rovněž přes zkapařovač **19** a hlavní

výměník **14**. Určitá část kyslíku se vyrábí v kapalném skupenství o čistotě vyšší než 99,5 proc. O_2 , je odtahována z kyslíkového prostoru hlavního kondenzátoru a shromažďuje se v zásobníku **26**. Ze střední části horní kolony **23** se odtahuje plynná argonová frakce o obsahu 10 % Ar a 0,05 % N_2 , která se v argonové koloně **24** dělí na kapalný zbytek o obsahu cca 7 % Ar, který se vrací do horní kolony **23** a surový argon o obsahu 95 % Ar, který je ze zařízení vyváděn přes příslušné trubkové prostory zkapařovače **19** a hlavního výměníku **14**.

První proud vzduchu po výstupu z prvního prostoru **20** hlavního výměníku **14** je rozdělen na dvě části. První z nich v množství 60 kmol/h je vedena potrubím **27** regenerace, ve kterém je zařazen elektrický ohříváč **28**, do druhého adsorbéru **9**. V elektrickém ohříváči se jeho teplota zvýší na 260 °C, čímž se v adsorbéru **9** dosahuje regeneračního účinku, to jest odstranění pohlceného kysličníku uhličitého a vody z adsorbentu.

Druhá část prvního proudu vzduchu je vedena potrubím **29** do sání **2** kompresoru **3**, kde se mísí s atmosférickým vzduchem a spolu s ním je stlačována v kompresoru **3** a vedena k adsorpčnímu vyčištění.

Adsorbéry **8** a **9** se v pravidelných intervalech vzájemně zaměňují. Potřebné potrubí a armatury nejsou na obr. znázorněny.

V jiném příkladném provedení není zařízení vybaveno argonovou kolonou, případně ani horní kolonou. Další příkladné provedení není určeno pro výrobu kapaliny a expanze prvního proudu vzduchu, který recykluje, zajišťuje výrobu chladu pouze pro krytí ztrát nedokonalou výměnou tepla a izolací. V jiném příkladném provedení je regenerace adsorbéru **9** zajištěna jedním z produktů dělení horní kolony, obvykle dusíkem. Pak je recyklováno celé množství prvního proudu na sání **2** kompresoru **3**. Rovněž je možné takové řešení, kdy část vzduchu, expandovaného v turbíně **17**, je odebírána a známým způsobem vedena k rozdělení v rektifikační koloně, zatímco zbývající první proud je veden přes první prostor **20** hlavního výměníku **14** a potrubím **29** na sání **2** kompresoru **3**.

Další výhodou zařízení podle vynálezu je, že dovoluje použít kompresorů s nízkým výstupním tlakem, jako jsou šroubové kompresory, pro výrobu kyslíku a dusíku v plynném, případně i kapalném skupenství, v malých dělicích zařízeních.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob získávání chladu při dělení vzduchu kompresí, adsorpčním čištěním, protiproudou výměnou tepla, rektifikací a expanzí vzduchu za konání vnější práce, vynalézající se tím, že stlačený adsorpčně vy-

čištěný vzduch je rozdělen na první a druhý proud, z nichž první je dále dotlačován a po případném ochlazení vnějším chlazením je v protiproudě chlazen vystupujícím

produktem dělení vzduchu, načež je expandován za konání vnější práce a pak ohříván výměnou tepla s druhým proudem, který se přitom ochlazuje na teplotu 90 až 120 K a dělí se pak rektifikací.

2. Způsob získávání chladu podle bodu 1, vyznačující se tím, že dotlačování prvního proudu je uskutečňováno s přímým využitím práce získané expanzí tohoto proudu.

3. Způsob získávání chladu podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že alespoň část prvního proudu se po ohřátí směšuje s atmosférickým vzduchem před kompresí.

4. Způsob získávání chladu podle bodů 1 až 3, vyznačující se tím, že alespoň část prvního proudu se po ohřátí vyvádí do atmosféry přes adsorbéry, z kterých desorbuje adsorbovaný kyslíčník uhličitý a vodní pára.

5. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1 až 4, sestávající především z hlavního kompresoru, výměníků tepla, rektifikační kolony, expanzní turbíny, dotlačovacího

kompresoru, potrubí a armatur vyznačující se tím, že výstup adsorbéru (8), (9) je propojen jednak přes dotlačovací kompresor (11), vnější chladič (15), výměník tepla expanzního vzduchu (16), expanzní turbínu (17) s prvním prostorem (20) hlavního výměníku tepla (14), jednak přes druhý prostor (13) hlavního výměníku tepla (14) s rektifikační kolonou (22).

6. Zařízení podle bodu 5, vyznačující se tím, že hřídel dotlačovacího kompresoru (11) je mechanicky propojen s hřídelem expanzní turbíny (17).

7. Zařízení podle bodu 5 nebo 6, vyznačující se tím, že první prostor (20) hlavního výměníku (14) je propojen potrubím se sáním hlavního kompresoru (3).

8. Zařízení podle bodů 5, 6 nebo 7, vyznačující se tím, že první prostor (20) hlavních výměníků (14) je propojen potrubím regenerace s adsorbéry (8, 9) adsorpční stanice.

