

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218480

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
F 25 J 3/04



URAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 24 07 81

(21) (PV 5660-81)

(40) Zveřejněno 30 06 82

(45) Vydáno 15 03 85

(75)

Autor vynálezu

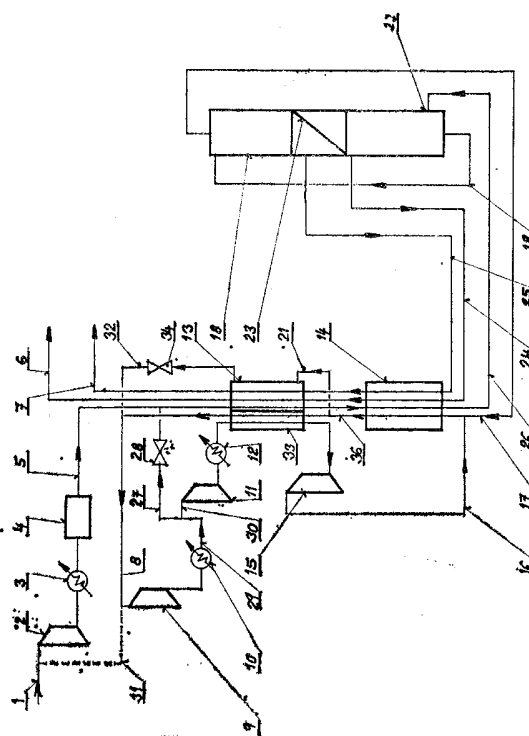
SÝKORA JIŘÍ ing. CSc., DĚČÍN, CHRZ VÁCLAV ing. CSc.,
ÚSTÍ nad Labem, JIRSA JAN ing., TEPLICE

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

1

Vynález řeší snížení průtoku stlačeného atmosférického vzduchu v procesu jeho dělení při nízkých teplotách. Tohoto cíle je dosaženo pomocí chladicího okruhu, v němž cirkuluje médium, které se po stlačení rozdělí na dvě části, z nichž jedna prochází expanzní turbínou a druhá spolu se vzduchem z atmosféry rektifikačním systémem. Na sání cirkulačního kompresoru se opět spojuje výstupní proud expanzní turbíny a produkt rektifikačního dělení. Vynález se uplatní při současné výrobě tlakového dusíku a beztlakového kyslíku v případech, kdy požadavek na průtok tlakového dusíku je podstatně větší než na průtok kyslíku.

2



Vynález se týká způsobu získávání chladu při nízkoteplotním dělení vzduchu komprimovaného v základním kompresoru pomocí přídavného chladicího cyklu s cirkulačním kompresorem a expanzní turbínou a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Při dosavadních způsobech je komprimovaný a adsorpčně vyčištěný vzduch dělen rektifikací a chlad je získáván pomocí přídavného vysokotlakého nebo středotlakého cyklu, v kterém cirkuluje přes cirkulační kompresor buď dusík, nebo vzduch a expanduje za konání vnější práce. Při určité skladbě produktů dělení a to především tehdy, kdy je požadován jako produkt tlakový dusík v plynném stavu o tlaku větším než 0,5 MPa a čistý kyslík v poměru množství 4 : 1 jsou však tyto doposud známé způsoby nevýhodné. V základním kompresoru musí být totiž komprimováno na tlak prvního stupně rektifikace 2 až 2,5krát většího množství vzduchu než je sumární množství tlakového dusíku a čistého kyslíku. Na toto množství vzduchu musí být nejen naměnovány adsorbéry odstraňující vodu a kysličník uhličitý, ale i spotřeba kompresní práce je vysoká. Zařízení k provádění způsobu je složité a vyžaduje velký základní kompresor a velkou adsorpční jednotku.

Tyto nevýhody jsou odstraněny způsobem získávání chladu při nízkoteplotním dělení vzduchu, který je komprimován v základním kompresorovém stupni a chlad je získáván převážně pomocí přídavného cyklu s kompresorovým stupněm média v cirkulačním kompresorovém stupni a jeho expanzí za konání vnější práce, který je charakterizován tím, že vstupující vzduch komprimovaný v základním kompresorovém stupni je po adsorpčním vyčištění směřován s jednou částí cirkulačního média, která je stlačována v cirkulačním kompresorovém stupni a po ochlazení protiproudou výměnou tepla s produkty dělení a s druhou částí cirkulačního média je vedena do rektifikačního systému, zatímco druhá část cirkulačního média, která je stlačována v cirkulačním kompresorovém stupni je po případném dalším dotlačení a ochlazení vnějším chladičem protiproudě ochlazována produktem dělení, načež je expandována za konání vnější práce a po protiproudé výměně tepla se vstupujícím vzduchem a doplnění cirkulačního média produktem dělení vzduchu vedeno na sání cirkulačního kompresorového stupně.

Způsob získávání chladu je dále charakterizován tím, že na sání základního kompresorového stupně je spolu s atmosférickým vzduchem přiváděna i část cirkulačního média odebraná před sáním cirkulačního kompresorového stupně. Dále je tento způsob charakterizován i tím, že případně další dotlačení druhé části cirkulačního média se uskutečňuje v dotlačném turbokompresorovém stupni s příjímým využitím prá-

ce získané expanzí téže části cirkulačního média v expanzním stupni.

Zařízení k provádění způsobu získávání chladu podle vynálezu sestává především ze základního a cirkulačního kompresoru, expanzní turbíny, dotlačného turbokompresoru, výměníků tepla, systému rektifikačních kolon, potrubí a armatur a je charakterizováno tím, že vstup do prvního stupně rektifikace, kterým je tlaková rektifikační kolona, je propojen s výtlakem základního kompresoru i cirkulačního kompresoru přes protiproudé výměníky tepla, přičemž sání cirkulačního kompresoru je propojeno s jeho výtlakem přes chladiče, dotlačný kompresor, výměníky tepla a expanzní turbínu a současně je se sáním cirkulačního kompresoru propojen přes výměníky i výstup druhého stupně rektifikace. Dále je toto zařízení charakterizováno tím, že sání základního kompresoru je propojeno se sáním cirkulačního kompresoru a dále, že dotlačný turbokompresor je přímo mechanicky spojen s expanzní turbínou.

Hlavní výhoda způsobu získávání chladu podle vynálezu se projeví tedy, je-li požadován výsledný poměr množství produkovaného tlakového dusíku k čistému kyslíku 4 : 1 a je-li požadována jistá menší část produkce v kapalném stavu. Ke kompresi jak atmosférického vzduchu, tak cirkulačního média, kterým je v tomto případě plyn blížící se svým složením vzduchu, lze použít objemové šroubové kompresory, které mají výtlakový tlak až 1 MPa.

Principem vynálezu je to, že v základním kompresoru může být komprimováno a pak adsorpčně čištěno množství vzduchu, které je rovné zhruba součtu množství vyráběných produktů dělení vzduchu, kterými jsou tlakový dusík a kyslík. Chlad je pak vyráběn cirkulačním médiem, které je svým složením blízké vzduchu, přes cirkulační kompresor a z části přes rektifikační systém, v kterém zajišťuje potřebné refluxní poměry. Příkon základního kompresoru je minimální a stejně tak je minimální i spotřeba energie na vyčištění atmosférického vzduchu. Nejdůležitější výhodou zařízení podle vynálezu je to, že umožňuje ke kompresi použít šroubových kompresorů, které jsou investičně málo nákladné. Dotlačný turbokompresor přímo spojený s expanzní turbínou zajišťuje vysokou účinnost celého cyklu.

Příkladné provedení způsobu získávání chladu podle vynálezu je zřejmé z obrázku, kde je zjednodušené technologické schéma zařízení na nízkoteplotní dělení vzduchu, které produkuje 2000 Nm³/h plynného dusíku s max. 10 ppm O₂ o tlaku 0,6 MPa a 500 Nm³/h kyslíku o koncentraci 99,5 % O₂.

Část produkce dusíku nebo kyslíku do množství cca 200 Nm³/h lze vyrábět v kapalném stavu podle potřeby. Atmosférický vzduch v množství cca 3400 Nm³/h vstupu-

je sacím potrubím **1** do základního kompresoru **2**, kde je vzduch stlačován na tlak 1 MPa. Kompresor **2** je dvoustupňový šroubový kompresor. V mezichladiči a koncovém chladiči kompresoru **2** je vzduch chlazen na teplotu cca 40 °C. Vnější chladičem, kterým může být příkladně čpavková chladičí jednotka **3**, je vzduch ochlazen na teplotu 5–10 °C, načež je v adsorpční jednotce **4** zbavován vody a CO₂. Vyčištěný vzduch je pak veden potrubím **5** do výměníku **13**. V cirkulačním kompresoru **9**, kterým je opět dvoustupňový šroubový kompresor, je stlačováno cirkulační médium v množství 4400 Nm³/h svým složením blízké vzduchu z tlaku 0,1 MPa na tlak 1 MPa.

V chladiči **10** je cirkulační médium ochlazen na teplotu cca 25 °C. Cirkulační médium proudí potrubím **29**, načež je rozdělováno na dvě části. Přibližně 2200 Nm³/h je vedeno potrubím **27** přes přepouštěcí ventil **28** a je směšováno s atmosférickým vzduchem v potrubí **5**. Zbývá druhá část vzduchu 2200 Nm³/h je vedena potrubím **30** do dotlačného turbokompresoru **11**, který je zároveň brzdícím kompresorem expanzní turbíny **15**. V dotlačném kompresoru **11** je tlak části cirkulačního média zvýšen na 1,2 MPa. Po ochlazení v dochlazovači **12** je tato část vedena do protiproudého výměníku **33** tepla, kde se ochlazuje na teplotu potřebnou pro vstup do expanzní turbíny **15**.

V expanzní turbíně **15** vzduch expanduje na tlak 0,14 MPa a potrubím **16** je veden do výměníku **14**. Před tím je k němu přidáván produkt druhého stupně rektifikace, jehož složení je blízké složení vzduchu a z horní kolony **18** je veden potrubím **17**. Ve výměníku **14** se ohřívá protiproudou výměnou tepla se vstupujícím vzduchem a vystupuje z něj potrubím **36**. Pak je rozdělen na dva proudy. Převážná část je vedena do výměníku **33**, kde je protiproudě ohříván vstupující částí cirkulačního vzduchu, zatímco menší část je vedena potrubím **21** do výměníku **13**, kde spolu s vystupujícími produkty dělení ochlazuje vstupující vzduch. Po ohřátí na teplotu blízkou teplotě vstupujícího vzduchu je menší část vedena přes

regulační ventil **34** potrubím **32** na smíchání s převážnou částí cirkulačního média, která vystupuje z výměníku **33**. Cirkulační médium, které je svým složením blízké složení vzduchu je pak vedeno na sání cirkulačního kompresoru **9** potrubím **8**. Aby i základní kompresor mohl případně pracovat v částečném cirkulačním režimu, jsou sání obou kompresorů **9**, **2** propojena potrubím **31**. Do výměníku **13** vstupuje potrubím **5** vyčištěný atmosférický vzduch smíchaný s částí cirkulačního média. Postupně je ochlazován ve výměnících **13** a **14** na teplotu blízkou teplotě zkapalnění, případně i částečně zkapalní.

Stav vzduchu na výstupu z výměníku **14** v potrubí **26** závisí na množství, jaké je vedeno přes cirkulační kompresor **9** a expanzní turbínu **15**. V dolní rektifikační koloně **22**, kam je vzduch přiváděn, je získán plynný tlakový dusík, který vystupuje potrubím **24** přes výměníky **14** a **13**, přičemž vyměňuje protiproudě teplo se vstupujícím vzduchem. Tlakový dusík pak jako produkt vystupuje ze zařízení potrubím **6**. Plynný kyslík je produktem rektifikace horní kolony **18**, do které je jako meziprodukt přiváděna bohatá kapalina potrubím **19** z paty dolní kolony **22**.

Plynný kyslík je odebírán z kondenzátu **23** potrubím **25** a přes výměníky **14**, **13**, pak kyslík jako produkt vystupuje potrubím **7** ze zařízení. Expanzní turbína **15** je přímo brzděna dotlačujícím turbokompresorem **11**, s kterým je mechanicky spojena. Práce získaná expanzí je přímo využita ke zvýšení tlaku téhož média.

Zapojení zařízení podle vynálezu je zřejmé též z technologického schématu na obrázku. Výměníky **13**, **33** mohou být buď jako samostatné aparáty, nebo jako mnohomédiový jediný výměník tepla.

Způsob získávání chladu podle vynálezu najde uplatnění především tam, kde je nutné vyrábět tlakový dusík a beztlaký kyslík v poměru přibližně 4 : 1. Lze přitom pro kompresi používat ekonomických šroubových kompresorů a pro expanzi turbíny s dotlačným kompresorem.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob získávání chladu při nízkoteplotním dělení vzduchu komprimovaném v základním kompresorovém stupni pomocí předávného cyklu s kompresí cirkulujícího média v cirkulačním kompresorovém stupni a jeho expanzí za konání vnější práce, s výměnou tepla s vnějším chladičem i s vystupujícími produkty dělení, vyznačující se tím, že vstupující vzduch komprimovaný v základním kompresorovém stupni je po adsorpčním vyčištění směšován s jednou částí cirkulačního média stlačeného v cirkulačním kompresorovém stupni a po ochla-

zení protiproudou výměnou tepla s produkty dělení a s druhou částí cirkulačního média veden do rektifikačního systému, zatímco druhá část cirkulačního média stlačovaná v cirkulačním kompresorovém stupni je po případném dalším dotlačení a ochlazení vnějším chladičem protiproudě ochlazována vystupujícím cirkulačním médiem, načež je expandována v expanzním stupni za konání vnější práce a po doplnění cirkulačního média produktem dělení a protiproudě výměně tepla se vstupujícím vzduchem je

vedena na sání cirkulačního kompresorového stupně.

2. Způsob získávání chladu podle bodu 1, vyznačující se tím, že na sání základního kompresorového stupně je spolu s atmosférickým vzduchem přiváděna i část cirkulačního média odebíraná před sáním cirkulačního kompresorového stupně.

3. Způsob získávání chladu podle bodů 1, 2 vyznačující se tím, že případné další dotlačení druhé části cirkulačního média se uskutečňuje v dotlačném turbokompresorovém stupni s přímým využitím práce získané v expanzním stupni expanzí téže části cirkulačního média.

4. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1, 2, 3 sestávající zejména ze základního kompresoru, cirkulačního kompresoru, výměníků tepla, rektifikačních kolon, expanzní turbíny, dotlačného kompresoru, potrubí a armatur, vyznačující se tím, že

vstup do prvního stupně rektifikace je propojen s výtlakem základního (2) i cirkulačního kompresoru (9) především přes protiproudé výměníky (13, 16) tepla, přičemž sání cirkulačního kompresoru (9) je propojeno s jeho výtlakem přes chladič (10), případně před dotlačný kompresor (11) a dochlazovač (12) a dále přes výměníky (33, 14) tepla a expanzní turbínu (15) a současně je se sáním cirkulačního kompresoru (9) propojen přes výměníky (13, 14, 33) i výstup druhého stupně rektifikace.

5. Zařízení podle bodu 4 vyznačující se tím, že sací potrubí (1) základního kompresoru (2) je propojeno potrubím (31) se sáním cirkulačního kompresoru (9).

6. Zařízení podle bodu 4 vyznačující se tím, že dotlačný turbokompresor (11) a expanzní turbína (15) jsou mechanicky spojeny.

