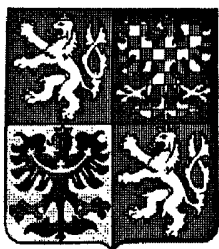


ČESKÁ
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(22) 03.06.92

(32) 24.06.91

(31) 91/720144

(33) US

(40) 13.1.93

(21) 1679-92

(13) A3

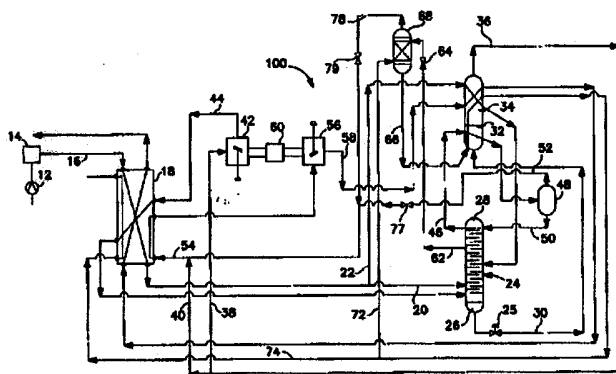
(51) F 25 J 3/04
F 25 J 3/08

(71) The BOC Group, Inc., New Providence, New Jersey, US;

(72) Stern Sidney S., Highland Park, New Jersey, US;

(54) Způsob výroby dusíku extrémně vysoké čistoty a
zařízení k jeho provádění

(57) Vzduch se rektifikuje za vzniku proudu z hlavy rektifikační kolony (24) obsahujícího dusík vysoké čistoty bohatý na lehké prvky, jako jsou neon, helium a vodík. Proud z hlavy kolony se pak zčásti kondenzuje v kondenzátoru (32) a rozdělí v děličce fází (48) na kapalnou a parní fázi. Kapalná fáze je chudá na lehké prvky a parní fáze je bohatá na lehké prvky. Kapalná fáze se odvádí ze dna děličky fází a přivádí se do rektifikační kolony (24) jako reflux. Reflux stéká s patra na patro a je zbavován lehkých prvků. Proud produktu, obsahující dusík extrémně vysoké čistoty, se odvádí po vypuzení lehkých prvků z kolony v podobě kapaliny. Proud produktu se může ještě více vyčistit tím, že se z něho ve vypuzovací koloně (68) odstraní další podíly lehkých prvků.



PRO VYVÁŽENÍ A OBJEVY	ÚŘAD PRO VYVÁŽENÍ A OBJEVY	03 VI 1992	030254
--------------------------	----------------------------------	------------	--------

Způsob výroby dusíku extrémně vysoké čistoty a zařízení k jeho provádění

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby dusíku vysoké čistoty nízkoteplotní rektifikací vzduchu a zařízení k jeho provádění. Zejména se vynález týká takového způsobu a zařízení k jeho provádění, při němž se lehké prvky, jako je helium, vodík a neon, odstraňují z dusíku vysoké čistoty za vzniku dusíku extrémně vysoké čistoty jakožto produktu.

Dosavadní stav techniky

Způsoby a zařízení k výrobě dusíku vysoké čistoty nízkoteplotní rektifikací vzduchu jsou známy. Příklad takového způsobu a zařízení je uveden v patentovém spise US č. 4,966.022. Podle tohoto patentu se dusík vysoké čistoty vyrábí postupem nízkoteplotní rektifikace v jediné koloně, vyznačující se tím, že je do něho začleněn cyklus s rekompresí odpadního proudu. U takového cyklu se dva dílčí odpadní proudy dusíku nechají jeden expandovat ve válci a druhý stlačit v kompresoru napojeném na turboexpandér přes brzdové ústrojí rozptylující energii. Stlačený dílčí odpadní proud se zavádí do kolony, aby zde podpořil získávání dusíku, a druhý dílčí odpadní proud, expandovaný ve válci, se použije ve výrobním procesu pro ochlazování. Tento způsob a zařízení skýtá dusík vysoké čistoty za vysokého tlaku při velké thermodynamické účinnosti. Dusík získaný jako produkt má vysokou čistotu, to jest má malý obsah kyslíku, avšak obsahuje lehké prvky, jako jsou helium, vodík a neon, které vzhledem ke své těkavosti mají snahu se hromadit v proudu dusíku získávaném jako produkt v množství, které představuje desetinásobek v porovnání s jejich koncentrací ve vzduchu vstupujícím do výrobního procesu. Pro většinu průmyslových použití dusíku jsou tyto koncentrace lehkých prvků nedůležité. Avšak v elektronickém průmyslu je zapotřebí dusíku extrémně vysoké čistoty, kde dusík je prakticky prost lehkých prvků.

V patentovém spise US č. 4,902.321 se popisuje způsob a zařízení pro výrobu dusíku extrémně vysoké čistoty, který se rovněž

provádí v souvislosti s použitím jediné kolony. Uvnitř rektifikační kolony se v její hlavě shromažďují páry bohaté dusíkem, kdežto kapalina bohatá kyslíkem se hromadí ve spodku kolony. Část par bohatých dusíkem se vede do zkapalňovače, kde zkapalní nepřímou výměnou tepla s kapalinou bohatou kyslíkem. Zkondenzovaný dusík se pak vrací do kolony jako reflux. Část par bohatých dusíkem se vede do trubkového výměníku tepla. Zde vznikají páry bohaté dusíkem, které se postupně zčásti kondenzují na kapalinu bohatou dusíkem, která se rovněž hromadí ve spodku výměníku tepla. Proud kapaliny bohaté dusíkem se nechá rozepnout na nižší tlak a pak se zavádí do plášťového prostoru výměníku tepla. Rozepnutím vzniká tlakový rozdíl mezi vstupujícími parami bohatými dusíkem a expandovanou kapalinou bohatou dusíkem, čímž dochází k výměně tepla mezi těmito parami a expandovanou kapalinou. Výsledkem této výměny tepla je kondenzace par bohatých dusíkem a přeměna expandované kapaliny bohaté dusíkem v páry, které se odvádějí z výměníku tepla jako produkt, to jest dusík extrémně vysoké čistoty.

Je zřejmé, že zařazení trubkového výměníku tepla zvyšuje pořizovací náklady na výrobní zařízení. Jak bude v dalším popsáno, skýtá vynález způsob a zařízení k výrobě dusíku extrémně vysoké čistoty, kterýžto způsob ve svém základním provedení zvyšuje jen minimálně pořizování základy na výrobní zařízení. Vynález lze začlenit do zařízení, v němž se provádí způsob popsaný v patentovém spise US č. 4,966.002, při jen malém přizpůsobení tohoto zařízení.

Podstata vynálezu

Vynález skýtá způsob výroby dusíku extrémně vysoké čistoty. Podle tohoto způsobu se vzduch rektifikuje v rektifikační koloně nízkoteplotním rektifikačním postupem. Při tomto nízkoteplotním rektifikačním postupu se získává z hlavy kolony proud obsahující páry dusíku vysoké čistoty, které jsou bohaté lehkými prvky. Proud z hlavy kolony se zčásti kondenzuje, takže obsahuje kapalnou fázi chudou lehkými prvky a plynnou fázi bohatou lehkými prvky. Pak se plynná fáze oddělí od proudu z hlavy kolony, který se vrací do rektifikační kolony jako zpětný tok. V rektifikační koloně se ze zpětného toku vypudí lehké prvky, čímž se získá dusík extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny. Jako produkt se z rektifikační kolony

odvádí kapalný dusík extrémně vysoké čistoty. V závislosti na rektifikačním procesu je produkt možno buď přímo dodávat zákazníkovi nebo jej dále čistit před dodáním zákazníkovi a/nebo použít v rektifikačním procesu, například za účelem využití jeho chladičí schopnosti, a pak jej teprve dodat zákazníkovi.

Proud získávaný jako produkt lze ještě dále čistit k získání ještě čistšího produktu tím, že se z něj vypuzovacím plynem odstraní další podíly lehkých prvků. To je možno provést tak, že se proud získávaný jako produkt zavede do hoření části vypuzovací kolony a vypuzovací plyn se do ní přivádí pod místem přivádění proudu získávaného jako produkt. Tím vzniká jednak ještě více vyčištěný dusík extrémně vysoké čistoty jako kapalina ve spodku vypuzovací kolony, jednak proud odtahovaný z hlavy vypuzovací kolony. Odváděním ještě více vyčištěného kapalného dusíku ze spodku vypuzovací kolony se pak získá proud ještě více vyčištěného produktu.

Míru výroby dusíku je podle vynálezu možno zvýšit odebráním proudu z hlavy vypuzovací kolony, jeho opětovým stlačením na tlak panující v rektifikační koloně a zavedením takto stlačeného proudu z hlavy vypuzovací kolony do rektifikační kolony. Alternativně, aby bylo možno se vyhnout nákladům na opětové stlačení, lze odvádět proud z hlavy vypuzovací kolony a zčásti jej kondenzovat za vzniku kapalně a plyně fáze v tomto proudu. Kapalná fáze proudu z hlavy vypuzovací kolony je chudá na lehké prvky, zatímco plyná fáze tohoto proudu je na ně bohatá. Z proudu z hlavy vypuzovací kolony se oddělí plyná fáze a pak se tento proud zavede do vypuzovací kolony, kde se na něj působí vypuzovacím plynem k vypuzení lehkých prvků. Dále je možno ze dna rektifikační kolony odvádět kapalný produkt tvořený surovou kapalinou obohacenou kyslíkem, která se shromažďuje na dně rektifikační kolony, jakožto kapalný produkt výrobního postupu. Proud z hlavy vypuzovací kolony se může zčásti kondenzovat, čímž se zároveň zčásti přemění kapalný produkt výrobního postupu v páry. Chladičí schopnost je pak možno získat zpět ze zčásti zkondenzovaného kapalného produktu a pak ji využít jeho zavedením do nízkoteplotního rektifikačního postupu pro zvýšení produkce proudu získávaného jako produkt. Zvýšená produkce proudu získávaného jako produkt je doprovázena další zvýšenou produkcí ještě více vyčištěného proudu.

V dalším aspektu se vynález týká zařízení k výrobě dusíku extrémně vysoké čistoty, který se získá jako produkt výrobního postupu. V souladu s tímto aspektem vynálezu předvídá tento zařízení pro nízkoteplotní rektifikaci zahrnující rektifikační kolonu k rektifikaci vzduchu uvnitř rektifikační kolony. Dusík a lehké prvky se koncentrují jakožto proud z hlavy kolony v podobě par dusíku vysoké čistoty, bohatých lehkými prvky. S vrškem rektifikační kolony je spojeno kondenzační ústrojí k částečnému kondenzování proudu z hlavy kolony, takže tento proud obsahuje plynnou fázi bohatou lehkými prvky a kapalnou fázi chudou na lehké prvky. Proud z kondenzačního ústrojí přichází do ústrojí na dělení fází, kde se z proudu z hlavy kolony oddělí plynná fáze. Ústrojí na dělení fází je spojeno s hlavou rektifikační kolony, takže kapalný proud vyčleněný z proudu z hlavy kolony se vrací do hlavy rektifikační kolony jakožto reflux. Kolona je dimenzována tak, že z refluxu se vypudí lehké prvky, čímž vzniká dusík extrémně vysoké čistoty jakožto kapalina pod vrchní částí kolony. A konečně je upraveno ústrojí k odvádění dusíku extrémně vysoké čistoty z kolony v podobě kapaliny a pro dodávání dusíku extrémně vysoké čistoty ze zařízení v podobě kapaliny nebo par.

Ústrojí pro odvádění může též být opatřeno ústrojím pro další čištění proudu získávaného jako produkt, čímž vzniká ještě více vyčištěný proud, a pro odvádění takto ještě více vyčištěného produktu ze zařízení. Takovéto ústrojí může zahrnovat ústrojí pro vytváření vypuzovacího plynu chudšího na lehké plyny, než je kapalina tvořená dusíkem extrémně vysoké čistoty, a vypuzovací kolonu spojenou s ústrojím pro vytváření vypuzovacího plynu tak, že vypuzovací plyn stoupá ve vypuzovací koloně vzhůru. Vypuzovací kolona je spojena s rektifikační kolonou, takže proud přiváděný z rektifikační kolony stéká ve vypuzovací koloně dolů, přičemž se z něj vypuzovacím plynem vypudí další podíly lehkých prvků, a na dně vypuzovací kolony tím vzniká ještě více vyčištěný dusík extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny. Dále je upraveno ústrojí pro odvádění ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony a pro vytvoření proudu ještě více vyčištěného produktu z odváděného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty.

Pro zvýšení výroby ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty je možno mezi hlavu vypuzovací kolony a vhodné místo rektifikační kolony zařadit recyklační kompresor pro stlačování proudu z hlavy vypuzovací kolony na tlak panující v koloně a pro zavádění stlačeného proudu z hlavy vypuzovací kolony do rektifikační kolony. Alternativně je možno spojit hlavu vypuzovací kolony s ústrojím na částečnou kondenzaci proudu z hlavy vypuzovací kolony a tím vytvořit v proudu z hlavy vypuzovací kolony plynnou fázi bohatou na lehké prvky a kapalnou fázi chudou na lehké prvky. Pro oddělení plynné fáze bohaté na lehké prvky od kapalně fáze chudé na lehké prvky je upraveno dělicí ústrojí, které je spojeno s vypuzovací kolonou tak, že kapalná fáze chudá na lehké prvky stéká uvnitř kolony a je též promývána vypuzovacím plynem.

V souladu se způsobem a zařízením podle vynálezu je možno způsob nebo konstrukci zařízení pro výrobu dusíku vysoké čistoty snadno upravit k vyrábění dusíku extrémně vysoké čistoty tím, že se pozmění kondenzační ústrojí a kolona a že se přidá nádrž na dělení fází a příslušné potrubí. V nádrži na dělení fází se oddělí plynná fáze zčásti zkondenzovaného proudu k vyčištění proudu odstraněním lehkých prvků z uvedeného proudu. Když se proud vrátí do kolony jako zpětný tok, dochází v hořené části kolony k dalšímu vypuzení lehkých prvků ze zpětného toku, čímž se získá dusík extrémně vysoké čistoty. Způsob a zařízení podle vynálezu tím, že používají málo nákladnou nádrž na dělení fází a stávající kolonu jakožto čisticí ústrojí, jsou vysoce přizpůsobitelné, zvýšit při nízkých pořizovacích nákladech schopnost zařízení, vyrábějícího dusík vysoké čistoty, k výrobě dusíku extrémně vysoké čistoty.

- Vynález je blíže ilustrován připojenými výkresy, na nichž
- obr. 1 schematicky znázorňuje zařízení na dělení vzduchu v souladu s vynálezem,
 - obr. 2 schematicky znázorňuje alternativní provedení zařízení na dělení vzduchu v souladu s vynálezem,
 - obr. 3 schematicky představuje další alternativní provedení zařízení na dělení vzduchu v souladu s vynálezem,
 - obr. 4 schematicky znázorňuje jiné provedení zařízení na dělení vzduchu v souladu s vynálezem,

- a na obr. 5 je znázorněno ještě jiné provedení zařízení na dělení vzduchu v souladu s vynálezem.

Všechna výše zmíněná provedení představují způsob a zařízení podle vynálezu, aplikované na zařízení k dělení vzduchu, znázorněné na obr. 4 patentového spisu US č. 4,966.002, na jehož popisnou část a výkresy se zde odkazuje. Pro přehlednost jsou na všech zde připojených výkresech označena identická ústrojí a výrobní proudy mezi jednotlivými ústrojími shodnými vztahovými značkami. Šipkami pak je vyznačen směr proudění provozních proudů mezi jednotlivými ústrojími.

Na obr. 1 je znázorněna výrobní jednotka 10 na dělení vzduchu v souladu s vynálezem. V jednotce 10 na dělení vzduchu se stlačuje vzduch kompresorem 12, načež se čistí v jednotce 14 předběžného čištění, kterou je zařízení PSA obsahující lože aktivovaného oxidu hlinitého a materiálu tvořícího molekulární síto pro absorbování oxidu uhličitého, vody a vodíku. Proud 16 nyní už stlačeného a vyčištěného vzduchu se pak ochladí v hlavním výměníku 18 tepla s chladicími žebry. Po průchodu výměníkem 18 tepla se proud 16 vzduchu rozdělí ve dva dílčí proudy 20 a 22 vzduchu. Dílčí proud 20 vzduchu se přivádí do rektifikační kolony 24 mající přibližně 79 pater. Uvnitř této kolony se vzduch rektifikuje, čímž se na dně kolony získá kapalina 26 bohatá kyslíkem a z hlavy 28 kolony odchází proud 46, který sestává z par dusíku vysoké čistoty, bohatých na lehké prvky, jež se hromadí v proudu z hlavy kolony následkem těkavosti lehkých prvků.

Ze dna rektifikační kolony 24 se odpvádí odpadní proud 30 kyslíkem bohaté kapaliny. K udržení tlaku v koloně slouží zpětný tlakový ventil 25. Po průtoku zpětným tlakovým ventilem 25 se odpadní proud 30 přemění v páry, které se v kondenzátoru 32 a zkapalňovači 34 vzduchu, majícím žebrovou konstrukci, zahřejí, čímž se získá teplý odpadní proud 36. Ten se rozdělí ve dvě části 38 a 40. Část 38 se stlačí v kompresoru 42, čímž vznikne stlačený odpadní proud 44. Ten se ochladí v hlavním výměníku 18 tepla a vede se pak do dolní části rektifikační kolony 24 pro zvýšení množství získávaného dusíku.

Proud 46, odváděný z hlavy 28 rektifikační kolony 24, se podle vynálezu zčásti kondenzuje v kondenzátoru 32, načež se vede

do děličky 48 fází. Na dně děličky 48 fází se hromadí kapalná fáze chudá na lehké prvky, zatímco plynná fáze bohatá na lehké prvky se odvádí z hoření části děličky 48 fází. Dělička 48 fází je spojena s hoření částí rektifikační kolony 24 potrubím, jímž se kapalná fáze zčásti zkondenzovaného proudu 46 vrací jako refluxní proud 50 zpět do rektifikační kolony 24. Slouží tudíž částečná kondenzace proudu 46, následovaná dělením fází, k částečnému čištění proudu 46 vyčleněním parní fáze z uvedeného proudu po jeho částečném zkondenzování. Z děličky 48 fází se odvádí parní fáze jako proud 52, který se následně spojí s částí 40 teplého odpadního proudu 36, čímž vznikne spojený proud 54. Redukční tlakový ventil 55 slouží pro snížení tlaku proudu 52 na tlak části 40 odpadního proudu 36. Spojený proud 54 se částečně zahřeje v hlavním výměníku 18 tepla a pak se nechá rozpnout v turboexpandéru 56, čímž se ochladí a vytvoří expandovaný odpadní proud 58. Kompresor 42 je spojen s turboexpandérem 56 společnou hřídelí mající hydraulickou brzdu 60 k pohlcení části pracovního výkonu z expanzního procesu. Expandovaný odpadní proud 58 se částečně ohřeje ve zkapalňovači 34 vzduchu a plně se ohřeje na teplotu okolí v hlavním výměníku 18 tepla, dříve než opustí výrobní proces. Tím, že se takto ohřívá, odpadní proud 58 chladí vstupující proud 16 vzduchu.

Jak již bylo výše uvedeno, má rektifikační kolona 24 asi 79 pater, zhruba o 4 patra více než kolik jich je v rektifikační koloně podle patentu US č. 4,966.002. Důvod toho je následující: Refluxní proud 50 po zavedení do hoření části rektifikační kolony 24 stéká s patra na patro, přičemž jsou z něho vypuzovány lehké prvky. Je tedy proud 62 konečného produktu, odváděný zhruba 4 patra pod hlavou rektifikační kolony 24 jakožto kapalina, chudší na lehké prvky než refluxní proud 50 a zahrnuje vlastně dusík extrémně vysoké čistoty. Při odvádění proudu 62 konečného produktu slouží zpětný tlakový ventil 64 k udržení tlaku v koloně 24. Po průtoku zpětným tlakovým ventilem 64 se proud 62 konečného produktu přemění v zahřáté páry při průtoku kondenzátorem 32, čímž se částečně zkondenzuje proud 46 přicházející z hlavy 28 rektifikační kolony 24, a pak zkapalňovačem 34 vzduchu, kde též pomůže zkapalnit dílčí proud 22 ochlazeného proudu 16 vzduchu. Tím se částečně ohřeje proud 62 konečného produktu, který se přivádí do hlavního výměníku 18 tepla, v němž se pak plně ohřeje na teplotu okolí.

Na obr. 2 je znázorněna výrobní jednotka 100 na dělení vzduchu, v níž je možno vyrábět ještě více vyčištěný proud 66 konečného produktu o vyšší čistotě, než jakou má proud 62 konečného produktu vyrobený ve výrobní jednotce 10 na dělení vzduchu. Ve výrobní jednotce 100 na dělení vzduchu se proud 62 konečného produktu opět odvádí s patra rektifikační kolony 24 ležícího přibližně o 4 patra níže od její hlavy. Proud 62 konečného produktu se pak vede do vypuzovací kolony 68 s přibližně 4 patry náplně, kde se dále čistí vypuzovacím plynem, majícím vyšší čistotu než proud 62 konečného produktu. Vypuzovací plyn se přivádí do vypuzovací kolony 68 pod místem vstupu proudu 62 konečného produktu a používá se k vytvoření ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu, který se hromadí v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony 68.

Ještě více vyčištěný proud 66 konečného produktu se odvádí ze dna vypuzovací kolony 68 do kondenzátoru 32 a zkapalňovače 34 vzduchu, kde se přemění v páry. Pak se proud 66 konečného produktu rozdělí ve dva dílčí proudy 72 a 74. Dílčí proud 72 ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu tvoří vypuzovací plyn a zavádí se do dolní části vypuzovací kolony 68. Druhý dílčí proud 74 ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu se zahřeje na teplotu okolí v hlavním výměníku 18 tepla, odkud se odvádí pro dodávku zákazníkovi. Proud 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 se spojí jednak s proudem 52 parní frakce, jednak s částí 40 odpadního proudu 36, čímž vznikne spojený proud 54, jenž se částečně ohřeje a pak expanduje v turboexpandéru 56, čímž vznikne expandovaný odpadní proud 58. Ke snížení tlaku proudů 52 a 78 na hodnotu panující v části 40 odpadního proudu 36 slouží zpětné tlakové ventily 77 a 79. Výhodou tohoto uspořádání provozu zařízení oproti uspořádání jednotky 10 na dělení vzduchu je, že množství expandovaného proudu je větší o přírůstek přítoku do turboexpandéru 56, což dovozuje, aby v kompresoru 42 bylo znovu stlačováno větší množství dusíku pro zavádění do rektifikační kolony 24. Umožňuje proto způsob a zařízení začleněné do výrobní jednotky 100 výrobu dusíku extrémně vysoké čistoty, která je vyšší než čistota dusíku vyrobeného způsobem a v zařízení výrobní jednotky 10 na dělení vzduchu při ekvivalentní výši výroby.

Na obr. 3 je znázorněna výrobní jednotka 200 na dělení vzduchu, jejíž provoz je podobný provozu výrobní jednotky 100 znázorněné na obr. 2. Jediným rozdílem mezi výrobními jednotkami 200 a 100 je, že proud 78, vycházející z hlavy vypuzovací kolony 68, se stlačuje v kompresoru 80 na tlak panující v rektifikační koloně 24, do níž se pak v příslušném místě daném koncentrací vrací. Další množství dusíku přiváděné do rektifikační kolony 24 zvyšuje množství dusíku extrémně vysoké čistoty, odváděného jako produkt, oproti množství získávanému způsobem a v zařízení znázorněném na obr. 2.

Obr. 4 znázorňuje výrobní jednotku 300 na dělení vzduchu, v níž je možno vyrábět větší množství dusíku extrémně vysoké čistoty než ve výrobní jednotce 100 na dělení vzduchu znázorněné na obr. 2, bez opětného stlačování proudu 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 a tím i bez dalších provozních nákladů v porovnání s výrobní jednotkou 200 na dělení vzduchu, znázorněnou na obr. 3.

U výrobní jednotky 300 na dělení vzduchu se z rektifikační kolony 24 odvádí proud 62 konečného produktu k dalšímu čištění před dodávkou zákazníkovi. Za tím účelem se proud 62 konečného produktu zavádí do hoření části vypuzovací kolony 68, kde se čistí vypuzovacím plynem, jímž je dílčí proud 72 ještě více vyčištěného konečného produktu. Proud 78 odváděný z hlavy vypuzovací kolony 68 se částečně kondenzuje v kondenzátoru 82, načež se vede do děličky 84 fází. V děličce 84 fází vzniká kapalná fáze chudá na lehké prvky a plynná fáze bohatá na lehké prvky. Proud 86 ze dna děličky 84 fází se zavádí do hoření části vypuzovací kolony 68 spolu s proudem 62 konečného produktu, aby se zvýšilo množství vyráběného dusíku extrémně vysoké čistoty.

Z odpadního proudu 30 kapaliny bohaté kyslíkem je oddělen dílčí odpadní proud 30a, který se pak zcela přemění v páry v kondenzátoru 82. V potrubí, jímž proudí dílčí proud 30a, je upraven zpětný tlakový ventil 31 sloužící k udržení tlaku v rektifikační koloně 24. Dílčí odpadní proud 30a se pak spojuje s výstupním proudem z turboexpandéru 56, aby se využilo jeho chladicí schopnosti. Z hlavy děličky 84 fází se odvádí parní fáze jako proud 87, který se pak spojuje s proudem 52, přiváděným z děličky 48 fází, pro expandování s částí 40 odpadního proudu 36. Tyto spojené proudy se

pak využijí k dalšímu chlazení, což též přispívá ke zvýšení výroby kapalného dusíku. Zpětné tlakové ventily 89 a 91 slouží ke snížení tlaků proudů 52 a 87 na hodnotu tlaku části 40 odpadního proudu 36.

Na obr. 5 je znázorněna výrobní jednotka 400 na dělení vzduchu, která zahrnuje všechny jednotlivé složky výrobní jednotky 300 na dělení vzduchu a navíc ještě děličku 88 fází. Účelem výrobní jednotky 400 na dělení vzduchu je zvýšit míru rekompresce a expanze oproti hodnotám, s nimiž pracuje výrobní jednotka 300 na dělení vzduchu, aby se tím zvýšilo množství získávaného dusíku extrémně vysoké čistoty. Na rozdíl od výrobní jednotky 300 na dělení vzduchu se dílčí proud 30a odpadního proudu 30 přemění jen zčásti v páry v kondenzátoru 82. Částečnou přeměnou dílčího proudu 30a odpadního proudu 30 v páry vzniká dostatečně vysoký tlak pro využití chladicí schopnosti. Tohoto využití se dosáhne tím, že částečně zkondenzovaný dílčí proud 30a odpadního proudu 30 vede do děličky 88 fází, kde se rozdělí na kapalnou a parní fázi. Ze dna děličky 88 fází se odvádí proud 90 kapalně fáze, který se pak spojí s odpadním proudem 30, čímž se zvýší množství určené k expanzi a k opětné kompresi. Kromě toho, poněvadž se proud 90 přidává k odpadnímu proudu 30 před jeho zavedením do kondenzátoru a zkapalňovače vzduchu, je možné částečně zkondenzovat, vyčistit, podrobit vypuzování a posléze získávat větší množství proudu z hlavy kolony. Spojením proudů 90 a 30 vzniká odpadní proud 30b, který se vede do kondenzátoru 32 a zkapalňovače 34 vzduchu, čímž vznikne teplý odpadní proud 36a. Z hlavy děličky 88 fází se odvádí proud 92, který se přidává pro ohřátí odpadního proudu 36a po jeho průtoku kondenzátorem a zkapalňovačem vzduchu, čímž vznikne teplý odpadní proud 36, který vytváří vyšší průtok určený pro expanzi a opětné stlačení. Chladicí schopnost se využije přidáním proudů tvořených kapalnou fází její přeměnou v páry a zahrátím vzniklých par, a parní fází, do spojeného proudu 54 pro expandování v turboexpandéru 56.

Jenutno poznamenat, že význaky vynálezu je možno uplatnit i v jiných výrobních jednotkách a u jiných způsobů na dělení vzduchu kromě těch, které zahrnují rekompresní cyklus odpadního proudu. Například je možno při postupu, příbuzném některému z výše popsaných provedení, použít vysokotlaké kolony dvoukolonového

nízkoteplotního rektifikačního způsobu k výrobě dusíku vysoké čistoty v podobě kapaliny v místě kolony nacházejícím se v určité vzdálenosti pod hlavou kolony. Dusík vysoké čistoty, bohatý na lehké prvky, by se mohl zčásti zkondenzovat, vést do děličky fází k odstranění parní fáze, bohaté na lehké prvky, a pak znovu zavést do kolony k vypuzení dalšího podílu lehkých prvků a tedy vyčištění, za vzniku dusíku extrémně vysoké čistoty. Kromětoho by při postupu, příbuzném způsobu znázorněném provedeními na obr. 2 až 5, mohl produkt z takovéto vysokotlaké kolony být ještě více vyčištěn tím, že by se zavedl do vypuzovací kolony, kde by se vypuzovacím plynem odstranily další podíly lehkých prvků. Při postupu, podobném provedení znázorněnému na obr. 3, by proud z hlavy vypuzovací kolony mohl pak být znovu stlačen a znovu zaveden do kolony za účelem zvýšení množství vyráběného dusíku. Dále by bylo možno zvýšit množství vyrobeného dusíku postupem, podobným postupům znázorněným na obr. 4 a 5, při němž by se proud z hlavy vypuzovací kolony zčásti kondenzoval, vzniklé fáze by se oddělily a proud, tvořený kapalnou fází, by se přiváděl do hoření části vypuzovací kolony.

Příklady provedení vynálezu

Příklad I

V tomto příkladě se dusík extrémně vysoké čistoty získá použitím způsobu a zařízení znázorněného na obr. 1. Dusík, vyrobený tímto způsobem, je obsažen v proudu 62 konečného produktu, získávaném v množství přibližně $1,115,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, který obsahuje přibližně 0,5 dílu kyslíku v jedné miliardě dílů, 0,57 ppm neonu a 5,0 dílů helia v jedné miliardě dílů. Je nutno poznamenat, že způsobem a v zařízení znázorněném na obr. 1 až 5 se z dusíku vysoké čistoty též oddělí vodík. Toto oddělení se provádí v jednotce 14 předběžného čištění jakož i v rektifikační koloně 24. V praxi bude koncentrace vodíku při postupech popsaných v příkladech provedení vynálezu ležet mezi koncentracemi helia a neonu. Tlaky, uváděné v tomto a následujících příkladech, jsou uvedeny v absolutních hodnotách.

Proud 16 vzduchu po vstupu do hlavního výměníku 18 tepla má teplotu přibližně $278,7^\circ \text{K}$ a tlak $1,15 \text{ MPa}$ a průtok přibližně $2,462,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má proud 16

vzduchu teplotu přibližně $109,9^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $1,08\text{ MPa}$. Po rozdělení proudu 16 vzduchu má dílčí proud 20 proudu 16 vzduchu průtok přibližně $2.370,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a dílčí proud 22 má průtok přibližně $92,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po zkapalnění má dílčí proud 22 teplotu přibližně $107,4^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $1,08\text{ MPa}$.

Odpadní proud 30 má průtok přibližně $1.347,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, a teplotu a tlak přibližně stejné jako v rektifikační koloně, totiž $109,9^{\circ}\text{K}$ a $1,08\text{ MPa}$. Zpětný tlakový ventil 25 vyvolá snížení teploty a tlaku v odpadním proudu 30 na přibližně $101,0^{\circ}\text{K}$ a $0,59\text{ MPa}$. Po ohřátí má výsledný odpadní teplý proud 36 teplotu přibližně $106,6^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,58\text{ MPa}$. Část 38 teplého odpadního proudu 36 má průtok přibližně $870,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, a část 40 má průtok přibližně $1.321,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po průchodu kompresorem 42 má vzniklý stlačený odpadní proud 44 teplotu přibližně $142,9^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $1,09\text{ MPa}$, a po průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má stlačený odpadní proud 44 tlak přibližně $1,08\text{ MPa}$ a teplotu přibližně $112,7^{\circ}\text{K}$.

Proud 52, odváděný z hlavy děličky 48 fází a představující parní frakci získanou z proudu 46, má teplotu přibližně $104,5^{\circ}\text{K}$, tlak přibližně $1,05\text{ MPa}$ a průtok přibližně $26,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po spojení s částí 40 odpadního proudu 36 má spojený proud 54 průtok přibližně $1.347,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Když kombinovaný proud 54 projde hlavním výměníkem 18 tepla, je jeho teplota přibližně $142,0^{\circ}\text{K}$, tlak přibližně $0,57\text{ MPa}$. Výsledný expandovaný odpadní proud 58 má teplotu přibližně 106°K a tlak přibližně $0,15\text{ MPa}$. Expandovaný odpadní proud 58 odchází ze ukapalňovače 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,6^{\circ}\text{K}$ a následně z hlavního výměníku 18 tepla s teplotou přibližně $274,0^{\circ}\text{K}$ a s tlakem přibližně $0,147\text{ MPa}$. Proud 62 konečného produktu odchází ze zkapalňovače 34 vzduchu v podobě páry o teplotě přibližně $104,6^{\circ}\text{K}$ a tlaku přibližně $0,95\text{ MPa}$. Průchozem proud 62 konečného produktu zpětným tlakovým ventilem 64 klesne jeho teplota přibližně na $103,2^{\circ}\text{K}$ a tlak je $0,96\text{ MPa}$. Po průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má proud 62 konečného produktu teplotu přibližně $274,0^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,93\text{ MPa}$.

Příklad 2

V tomto příkladě se získává dusík extrémně vysoké čistoty použitím způsobu a zařízení popsaného na obr. 2. Dusík získaný jako konečný produkt při tomto způsobu je obsažen v dílčím proudu 74 proudu 66 konečného produktu majícího průtok přibližně $1.115,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a obsahujícího přibližně 0,5 dílu kyslíku, 31 dílů neionu a přibližně 0,03 dílu helia v jedné miliardě dílů. V tomto příkladě má proud 74 konečného produktu nižší koncentraci lehkých prvků než proud 62 konečného produktu v předcházejícím příkladě, a to následkem použití vypuzovací kolony 68.

Proud 16 vzduchu při vstupu do hlavního výměníku 18 tepla má teplotu přibližně $278,7^\circ \text{K}$, tlak $1,095 \text{ MPa}$ a průtok přibližně $2.661,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Při odchodu z hlavního výměníku 18 tepla má proud 16 vzduchu teplotu přibližně $109,9^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,08 \text{ MPa}$. Po rozdělení proudu 16 vzduchu má dílčí proud 20 proudu 16 vzduchu průtok přibližně $2.553,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, dílčí proud 22 pak průtok $108,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po zkapalnění má dílčí proud 22 teplotu přibližně $107,4^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,076 \text{ MPa}$.

Odpadní proud 30 má průtok přibližně $2.405,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $109,9^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,079 \text{ MPa}$. Průchodem zpětným tlakovým ventilem 25 se teplota a tlak odpadního proudu 30 sníží na $100,9^\circ \text{K}$ a přibližně na $0,59 \text{ MPa}$. Po přeměně v páry a zahřátí má vzniklý teplý odpadní proud 36 teplotu přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,575 \text{ MPa}$. Po rozdělení teplého odpadního proudu 36 mají vzniklé dílčí části 38 a 40 průtoky $987,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a $1.418,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Dílčí proud 38 se stlačí v kompresoru 42, čímž vznikne stlačený odpadní proud 44 mající teplotu přibližně $142,9^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,086 \text{ MPa}$. Po průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má stlačený odpadní proud 44 tlak přibližně $1,08 \text{ MPa}$ a teplotu přibližně $112,7^\circ \text{K}$.

Proud 52, tvořený parní frakcí odstraněnou z proudu 46 z hlavy rektifikační kolony 24, má teplotu přibližně $104,6^\circ \text{K}$, tlak přibližně $1,05 \text{ MPa}$ a průtok přibližně $26,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Proud 78 z hlavy děličky 68 fází má průtok přibližně $102,2 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu $102,8^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,93 \text{ MPa}$. Když se proud 78 z hlavy vypuzovací kolo-

ny 68 spojí s proudem 52 a dílčím proudem 40 teplého odpadního proudu 36, má vzniklý spojený proud 54 průtok přibližně $1.546,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $105,7^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,575 \text{ MPa}$. Po průchodu spojeného proudu 54 hlavním výměníkem 18 tepla se jeho teplota zvýší na přibližně $141,0^\circ \text{K}$. Expandovaný odpadní proud 58 má teplotu přibližně $105,0^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,16 \text{ MPa}$. Expandovaný odpadní proud 58 odchází ze zkapalňovače 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $0,152 \text{ MPa}$ a po následném průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má teplotu přibližně $274,0^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,127 \text{ MPa}$.

Proud 62 konečného produktu se přivádí do vypuzovací kolony 68 v průtočném množství přibližně $1.217,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s teplotou přibližně $103,0^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $0,95 \text{ MPa}$. Více vyčištěný proud 66 konečného produktu se odvádí ze dna vypuzovací kolony 68 v průtočném množství přibližně $1.183,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s teplotou přibližně $103,0^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $0,95 \text{ MPa}$. Více vyčištěný proud 66 konečného produktu se přemění v zahřáté páry ve zkapalňovači 34 vzduchu, odkud tyto páry odcházejí s teplotou přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,95 \text{ MPa}$. V dílčím proudě 72 je průtok přibližně $68,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Dílčí proud 72 se přivádí do vypuzovací kolony 68 jako vypuzovací plyn. Dílčí proud 74 konečného produktu se zahřeje v hlavním výměníku 18 tepla na teplotu přibližně $274,0^\circ \text{K}$; jeho tlak je pak $0,94 \text{ MPa}$. Z výměníku 18 tepla pak odchází jako konečný produkt.

Příklad 3

V tomto příkladě se získá jako produkt dusík extrémně vysoké čistoty mající přibližně tutéž čistotu jako produkt získaný v příkladu 2. Množství dusíku získávaného jako produkt je v tomto příkladu vyšší než množství dusíku v příkladu 2 proto, že se proud 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 stlačí a zavádí do rektifikační kolony 24, jak je znázorněno v provedení na obr. 3. Dílčí proud 74 výsledného produktu, který obsahuje dusík extrémně vysoké čistoty, má stejný průtok přibližně $1.115,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ jako v předchozím příkladu. Avšak proud 16 vstupujícího vzduchu má průtok jen $2.467,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ oproti průtoku $2.661,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ v příkladu 2. Tlaky a teploty proudů jsou vcelku stejné jako v příkladu 2, pokud není jinak uvedeno.

Po rozdělení proudu 16 vzduchu má dílčí proud 20 proudu 16 vzduchu průtok přibližně $2.373,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a dílčí proud 22 má průtok přibližně $94,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Odpadní proud 30 má průtok přibližně $2.199,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a po rozdělení mají výsledné dílčí proudy 38 a 40 průtoky přibližně $873,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a přibližně $1.326,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Proud 52, tvořený parní frakcí vyčleněnou z proudu 46 odváděného z hlavy 28 rektifikační kolony 24, má průtok přibližně $26,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a přidává se k části 40 zahřátého odpadního proudu 36, čímž vzniká spojený proud 54 s průtokem přibližně $1.352,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po průchodu spojeného proudu 54 hlavním výměníkem 18 tepla se teplota tohoto proudu zvýší na přibližně $142,3^\circ \text{K}$, a po průchodu expandérem 56 má výsledný expandovaný odpadní proud 58 teplotu přibližně $105,9^\circ \text{K}$.

Proud 62 konečného produktu se přivádí do vypuzovací kolony 68 s průtokem přibližně $1.212,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a ze dna vypuzovací kolony 68 se odvádí proud 66 více vyčištěného konečného produktu s průtokem přibližně $1.177,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po rozdělení proudu 66 více vyčištěného konečného produktu má dílčí proud 72 průtok přibližně $62,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a zavádí se do vypuzovací kolony 68 jako vypuzovací plyn. Proud 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 má průtok přibližně $97,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po průchodu kompresorem 80 má proud 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 teplotu přibližně $108,5^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,05 \text{ MPa}$ a zavádí se do rektifikační kolony 24.

Příklad 4

Postupem a v zařízení znázorněném na obr. 4 se získá jako produkt dusík extrémně vysoké čistoty. Čistota produktu je prakticky stejná jako u produktu z příkladu 2, neboť produkt obsahuje přibližně 0,5 dílu kyslíku, 38,0 dílů neonu a 0,03 dílu helia v jedné miliardě dílů. Vyrobené množství produktu je větší než v příkladu 2, avšak bez další spotřeby energie, k níž dochází v příkladu 3 opětovným stlačováním proudu 78 z hlavy vypuzovací kolony 68. Ještě více vyčištěný produkt má průtok přibližně $1.115,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a vyrábí se z proudu 16 vzduchu vstupujícího do hlavního výměníku 18.

tepla s průtokem přibližně $2.539,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Proud 16 vzduchu vstupuje do hlavního výměníku 18 tepla s teplotou $278,7^\circ \text{K}$ a tlakem $1,095 \text{ MPa}$. V hlavním výměníku 18 tepla se tlak a teplota proudu 16 vzduchu sníží na přibližně $1,078 \text{ MPa}$ a přibližně $109,9^\circ \text{K}$. Po rozdělení proudu 16 vzduchu má dílčí proud 20 průtok přibližně $2.443,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a dílčí proud 22 průtok přibližně $96,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po zkapalnění má dílčí proud 22 teplotu přibližně $107,4^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $1,076 \text{ MPa}$.

Odpadní proud 30 odváděný ze dna rektifikační kolony 24 má průtok přibližně $2.188,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu a tlak stejné jako v rektifikační koloně, tedy $109,9^\circ \text{K}$ a $1,079 \text{ MPa}$. Oddělený odpadní proud 30a z odpadního proudu 30 má průtok přibližně $67 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Odpadní proud 30 vstupuje do kondenzátoru 32 s teplotou přibližně $100,8^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $0,588 \text{ MPa}$ a odchází ze zkapalňovače 34 vzduchu jako odpadní proud 36, obsahující zahřáté páry, s teplotou přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $0,575 \text{ MPa}$. Teplý odpadní proud 36 se rozdělí ve dvě části, část 38 s průtokem přibližně $880,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a část 40 s průtokem přibližně $1.308,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po průchodu kompresorem 42 vstupuje vzniklý stlačený odpadní proud 44 do hlavního výměníku 18 tepla s teplotou přibližně $143,0^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $1,086 \text{ MPa}$, poté se vrací zpět do rektifikační kolony 24 s teplotou přibližně $112,7^\circ \text{K}$ a tlakem přibližně $1,079 \text{ MPa}$.

Proud 52, tvořený parní frakcí oddělenou z proudu 46 odváděného z hlavy 28 rektifikační kolony 24, má teplotu přibližně $104,6^\circ \text{K}$, tlak přibližně $1,049 \text{ MPa}$ a průtok přibližně $27,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Po spojení s částí 40 teplého odpadního proudu 36 a s proudem 87 (majícím průtok přibližně $23,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $102,8^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,93 \text{ MPa}$) má spojený proud 54 průtok přibližně $1.358,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $106,2^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,575 \text{ MPa}$. Po průchodu spojeného proudu 54 hlavním výměníkem 18 tepla má tento proud teplotu přibližně $142,0^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,566 \text{ MPa}$. Oddělený odpadní proud 30a se po expanzi přidá k expandovanému odpadnímu proudu 58 majícímu teplotu přibližně $105,8^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,158 \text{ MPa}$. Expandovaný odpadní proud 58 odchází ze zkapalňovače 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,152 \text{ MPa}$, a následně z hlavního výměníku 18 tepla s teplotou $274,0^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,127 \text{ MPa}$.

Proud 62 konečného produktu se odtahuje z rektifikační kolony 24 v množství přibližně $1.138,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s teplotou přibližně $104,6^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $1,05 \text{ MPa}$. Proud 78, odváděný z hlavy vypuzovací kolony 68 s průtokem přibližně $97,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a mající teplotu přibližně $102,8^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,934 \text{ MPa}$, se zčásti kondenzuje působením zcela v páry přeměněného odpadního proudu 30a. Oddělený odpadní proud 30a vstupuje do kondenzátoru 82 parní fáze z vypuzovací kolony 68 s teplotou přibližně $98,7^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,50 \text{ MPa}$. Plynná fáze se oddělí od kapalně fáze v děliči 84 fází a proud 86, zahrnující kapalnou fázi, se spojí s proudem 62 konečného produktu a vede do vypuzovací kolony 68, čímž se zvýší množství získávaného, ještě více vyčištěného produktu. Spojený proud, přiváděný do vypuzovací kolony 68, má průtok přibližně $1.212 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $102,8^\circ \text{K}$ a tlak přibližně $0,934 \text{ MPa}$.

Proud 66 ještě více vyčištěného konečného produktu se odvádí ze dna vypuzovací kolony 68 v množství přibližně $1180,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s teplotou přibližně $103,0^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,948 \text{ MPa}$. Proud 66 ještě více vyčištěného konečného produktu odchází ze kapalňovače 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,6^\circ \text{K}$ a s tlakem přibližně $0,948 \text{ MPa}$. Dílčí proud 72 ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu, mající průtok přibližně $65,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, se přivádí do vypuzovací kolony 68 jakožto vypuzovací plyn. Dílčí proud 74 proudu 66 ještě více vyčištěného konečného produktu se ohřívá v hlavním výměníku 18 tepla pro dodávku zákazníkovi na teplotu přibližně $274,0^\circ \text{K}$ a na tlak přibližně $0,936 \text{ MPa}$.

Příklad 5

V příkladu 5 se získává způsobem a v zařízení znázorněném na obr. 5 jako produkt dusík extrémně vysoké čistoty, který obsahuje přibližně 0,5 dílu kyslíku, 1,0 díl neonu a přibližně 0,003 dílu helia v jedné miliardě dílů. Jako výchozí surovinu tento způsob zpracovává vzduch v množství přibližně $2513,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a produkt se získá v množství přibližně $1115,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Proto jsou způsob a zařízení podle tohoto příkladu schopny pracovat s větší účinností než je tomu v příkladu 4. Důvodem vyšší účinnosti je, že zde dochází k větší míře komprese a expanze než v dosud popsanych příkladech.

Proud 16 vzduchu vstupuje do hlavního výměníku 18 tepla s teplotou $278,7^{\circ}\text{K}$ a s tlakem $1,095\text{ MPa}$. Uvnitř hlavního výměníku 18 tepla teplota a tlak proudu 16 vzduch poklesne na přibližně $109,9^{\circ}\text{K}$ a na přibližně $1,078\text{ MPa}$. Po rozdělení proudu 16 vzduchu má dílčí proud 20 průtok přibližně $27415,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a dílčí proud 22 má průtok přibližně $98,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po zkapalnění má dílčí proud 22 teplotu přibližně $107,4^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $1,076\text{ MPa}$.

Odpadní proud 30, odváděný ze dna rektifikační kolony 24 má průtok přibližně $2.246,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu a tlak přibližně stejné, jaké jsou v koloně, tedy $109,9^{\circ}\text{K}$ a $1,078\text{ MPa}$. Oddělený odpadní proud 30a z odpadního proudu 30 má průtok přibližně $366,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Proud 90, tvořený kapalinou ze zčásti v páry přeměněného odděleného odpadního proudu 30a, se znovu přidá k odpadnímu proudu 30, čímž vznikne odpadní proud 30b. Po tomto přidání se odpadní proud 30b přemění v kondenzátoru 32 v páry o teplotě přibližně $100,9^{\circ}\text{K}$ a tlaku přibližně $0,588\text{ MPa}$, které se ve zkapalňovači 34 vzduchu zahřejí. Výsledný teplý odpadní proud 36a ze zkapalňovače 34 vzduchu má teplotu přibližně $106,6^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,575\text{ MPa}$. Odpadní proud 36a se spojí s proudem 92 obsahujícím parní část proudu 30a, čímž vznikne teplý odpadní proud 36 s průtokem přibližně $2.246,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Teplý odpadní proud 36 se rozdělí ve dvě části, část 38 o průtoku přibližně $897,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a část 40 s průtokem přibližně $1349,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po průchodu kompresorem 42 vstupuje vzniklý stlačený odpadní proud 44 do hlavního výměníku 18 tepla s teplotou přibližně $143,0^{\circ}\text{K}$ a tlakem přibližně $10,868\text{ MPa}$. Pak se stlačený odpadní proud 44 ochladí v hlavním výměníku 18 tepla a přivádí do rektifikační kolony 24 s teplotou přibližně $112,7^{\circ}\text{K}$ a tlakem přibližně $1,078\text{ MPa}$.

Proud 52, tvořený parní frakcí odstraněnou z proudu 46 z hlavy 28 rektifikační kolony 24, má teplotu přibližně $104,5^{\circ}\text{K}$, tlak přibližně $1,049\text{ MPa}$ a průtok přibližně $27,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Po průchodu zpětným tlakovým ventilem 89 se spojí s částí 40 zahřátého odpadního proudu 36 a proudem 87, tvořícím parní fázi zčásti zkonzenzovaného proudu 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 (majícím průtok přibližně $22,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $102,8^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,934\text{ MPa}$). Výsledný spojený proud 54 má průtok přibližně $1398,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $106,0^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,575$

MPa. Po průchodu hlavním výměníkem 18 tepla má spojený proud 54 teplotu přibližně $141,5^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,567\text{ MPa}$. Po expanzi má výsledný expandovaný odpadní proud 58 teplotu $105,3^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,16\text{ MPa}$. Expandovaný odpadní proud 58 odchází ze zkapalňovače 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,5^{\circ}\text{K}$ a tlakem přibližně $0,15\text{ MPa}$ a následně z hlavního výměníku 18 tepla s teplotou $274,0^{\circ}\text{K}$ a s tlakem přibližně $0,127\text{ MPa}$.

Proud 62 konečného produktu se odvádí z rektifikační kolony 24 v množství přibližně $1138,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ s teplotou přibližně $104,6^{\circ}\text{K}$ a tlakem přibližně $1,247\text{ MPa}$. Proud 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 má průtok přibližně $125,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $102,8^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,934\text{ MPa}$, a zčásti se kondenzuje, přičemž přemění odpadní proud 30a zčásti v páry. Oddělený odpadní proud 30a přichází do kondenzátoru 82 proudem 78 z hlavy vypuzovací kolony 68 s teplotou přibližně $100,9^{\circ}\text{K}$ a tlakem přibližně $0,588\text{ MPa}$. Plyná fáze se oddělí od kapalně fáze v děliči 84 fází a proud 86, tvořený kapalnou fází, se spojuje s proudem 62 konečného produktu a přivádí do vypuzovací kolony 68 pro zvýšení výtěžku ještě více vyčištěného produktu. Spojený proud přiváděný do vypuzovací kolony 68 má průtok přibližně $1240,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $103,0^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,948\text{ MPa}$.

Oddělený odpadní proud 30a, zčásti přeměněný v páry, se pak vede do děličky 88 fází k oddělení kapalně od plyně fáze. Proud 90, odebíraný ze dna děličky 88 fází a mající průtok přibližně $238,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $101,5^{\circ}\text{K}$ a tlak přibližně $0,588\text{ MPa}$, se přidá k odpadnímu proudem 30. Proud 92, odváděný z hlavy děličky 88 fází a mající průtok přibližně $128,0\text{ Nm}^3\cdot\text{h}^{-1}$, teplotu přibližně $101,2^{\circ}\text{K}$ a tlak asi $0,575\text{ MPa}$, se přidá k proudem 31 po jeho průchodu zkapalňovačem 34 vzduchu, čímž vznikne teplý odpadní proud 36. Důsledkem těchto spojení proudů je, že se využije chladicí schopnosti zčásti v páry přeměněného odděleného odpadního proudem 30b a k množství odpadního proudem, který se má stlačit, se přidá další množství. Popsaný postup je třeba porovnat s postupem z příkladu 4, kde plně zkondenzovaný oddělený odpadní proud 30a má příliš nízký tlak, než aby jej bylo možno použít k významnějšímu chlazení.

Ještě více vyčištěný proud 66 konečného produktu se odvádí

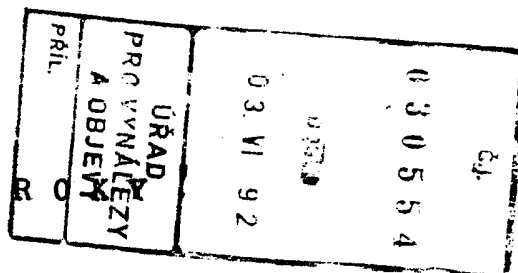
ze dna vypuzovací kolony 68 s průtokem přibližně $1.207,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, teplotou přibližně $103,0 \text{ }^\circ\text{K}$ a tlakem přibližně $0,948 \text{ MPa}$. Proud 70 ještě více vyčištěného produktu opouští zkapalňovač 34 vzduchu s teplotou přibližně $106,6 \text{ }^\circ\text{K}$ a tlakem přibližně $0,948 \text{ MPa}$. Dílčí proud 72 ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu, mající průtok přibližně $92,0 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, se zavádí do vypuzovací kolony 68 jako vypuzovací plyn. Dílčí proud 74 ještě více vyčištěného proudu 66 konečného produktu se zahřeje v hlavním výměníku 18 tepla pro dodávku zákazníkovi na teplotu přibližně $274,0 \text{ }^\circ\text{C}$ při tlaku přibližně $0,936 \text{ MPa}$.

I když vynález byl popsán a objasněn na výhodných provedeníh, je samozřejmé, že jsou možné různé změny a doplňky, aniž by se tím vybočilo z rámce vynálezu.

Průmyslová využitelnost

Způsob a zařízení podle vynálezu lze využít pro výrobu dusíku extrémně vysoké čistoty, jakého je zapotřebí například v elektronickém průmyslu, kde dusík pouze vysoké čistoty nevyhovuje.

P A T E N T O V É N Á R O C



1. Způsob výroby dusíku extrémně vysoké čistoty, w y z n a -
č u j í c í s e t í m , ž e

se vzduch rektifikuje v rektifikační koloně nízkoteplot-
ním rektifikačním postupem za získání proudu z hlavy kolony ob-
sahujícího páry dusíku vysoké čistoty hohaté na lehké prvky,

proud z hlavy rektifikační kolony se zčásti kondenzuje,
takže obsahuje kapalnou fázi chudou na lehké prvky a plynnou fázi
bohatou na lehké prvky,

z proudu z hlavy rektifikační kolony se oddělí plynná fáze,

proud z hlavy kolony se po oddělení plynné fáze vede zpět
do rektifikační kolony jakožto reflux, z něhož se v rektifikační
koloně vypudí lehké prvky za vzniku dusíku extrémně vysoké čistoty
v podobě kapaliny, a

z rektifikační kolony se odvádí proud produktu tvořený ka-
palným dusíkem extrémně vysoké čistoty.

2. Způsob podle nároku 1, w y z n a č u j í c í s e
d á l e t í m , ž e se proud produktu dále čistí vypuzením dal-
ších podílů lehkých prvků vypuzovacím plynem z proudu produktu
pro získání proudu ještě více vyčištěného produktu.

3. Způsob podle nároku 2, w y z n a č u j í c í s e
t í m , ž e

se z proudu produktu vypudí další podíly lehkých prvků
jeho zavedením do hoření části vypuzovací kolony a zavedením vypu-
zovacího plynu do vypuzovací kolony pod místem zavádění proudu
produktu, za vzniku ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké
čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony a proudu z hla-
vy vypuzovací kolony, a

proud ještě více vyčištěného produktu se získá odváděním
ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapa-
liny ze dna vypuzovací kolony.

4. Způsob podle nároku 3, v y z n a č u j í c í s e
d á l e t í m , že

se z hlavy vypuzovací kolony odvádí proud, který se opět-
ně stlačí na tlak panující v rektifikační koloně, načež se tento
zavádí do rektifikační kolony pro zvýšení množství odváděného prou-
du ještě více vyčištěného produktu.

5. Způsob podle nároku 3, v y z n a č u j í c í s e
d á l e t í m , že

se z hlavy vypuzovací kolony odvádí proud, který se zčásti
zkondenzuje, čímž v něm vznikne kapalná fáze chudá na lehké prvky
a plynná fáze bohatá na lehké prvky,

z proudu z hlavy vypuzovací kolony se oddělí plynná fáze,
a proud z hlavy vypuzovací kolony se po oddělení plynné fáze za-
vede do vypuzovací kolony k vypuzení lehkých prvků z tohoto proudu
vypuzovacím plynem v této koloně pro zvýšení množství proudu pro-
duktu.

6. Způsob podle nároku 3, při němž se v rektifikační ko-
loně získává též kapalný produkt, v y z n a č u j í c í s e
t í m , že

se z vypuzovací kolony odvádí proud z hlavy vypuzovací ko-
lony,

z rektifikační kolony se odvádí provozní kapalný proud se-
stávající z provozní kapaliny,

proud z hlavy vypuzovací kolony se zčásti kondenzuje, při-
čemž se uvolněným teplem kapalný provozní proud zčásti přemění v
páry za vzniku kapalně , na lehké prvky chudé fáze, a plynné, na
lehké prvky bohaté fáze v proudu z hlavy vypuzovací kolony,

plynná fáze se oddělí z proudu z hlavy vypuzovací kolony,

proud z hlavy vypuzovací kolony se po oddělení v něm obsa-
žené plynné fáze zavede do vypuzovací kolony pro vypuzení lehkých
prvků vypuzovacím plynem ve vypuzovací koloně za účelem zvýšení
množství získávaného produktu ještě více vyčištěného produktu,

využije se chladicí schopnosti kapalného proudu zčásti v
páry přeměněného produktu a

tento proud se zavede do nízkoteplotního rektifikačního procesu pro zvýšení získávaného množství výrobního proudu a tím pro zvýšení množství ještě více vyčištěného produktu.

7. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že nízkoteplotní rektifikační proces zahrnuje

wytvoření kapaliny bohaté kyslíkem na dně rektifikační kolony,

odvádění odpadního proudu z rektifikační kolony, tvořeného kapalinou ze dna kolony, a

cyklus opětného stlačení odpadního proudu, zahrnující

rozdělení odpadního proudu ve dva dílčí odpadní proudy,

stlačení jednoho z obou dílčích odpadních proudů, jeho ochlazení a zavedení do rektifikační kolony pro zvýšení množství získávaného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty, vyrobeného v rektifikační koloně, a tím i množství proudu produktu,

spojení druhého z obou dílčích odpadních proudů s proudem bohatým na lehké provky, tvořeným plynnou fází oddělenou z proudu z hlavy vypuzovací kolony, za vzniku spojeného odpadního proudu,

částečné ohřátí spojeného odpadního proudu a jeho následnou expanzi v turboexpandéru za vykonání práce, pro vytvoření chladicí schopnosti k využití při nízkoteplotním rektifikačním procesu,

wyužití části expanzní práce pro stlačování částečně zahřátého spojeného odpadního proudu, a

rozptýlení zbylé části expanzní práce z nízkoteplotního rektifikačního procesu.

8. Způsob podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m , že

po odvedení z rektifikační kolony se proud produktu dále čistí zavedením do horní části vypuzovací kolony, do níž se též přivádí vypuzovací plyn w místě ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získání jenak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

proud ještě více vyčištěného produktu tvořeného kapalným dusíkem extrémně vysoké čistoty se odvádí ze dna vypuzovací kolony, a

spojený odpadní proud se vytvoří rovněž spojením proudu z hlavy vypuzovací kolony s druhým z obou dílčích odpadních proudů a s proudem bohatým na lehké prvky.

9. Způsob podle nároku 7, při němž se

proud produktu, po odvedení z rektifikační kolony, dále čistí zavedením tohoto kapalného proudu do hoření části vypuzovací kolony, do níž se též přivádí vypuzovací plyn v místě, ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získávání jednak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

a proud produktu se získá odváděním ještě více vyčištěného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony,

v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že

proud odváděný z hlavy vypuzovací kolony se opět stlačuje na tlak panující v rektifikační koloně, do níž se pak tento stlačený proud zavádí pro zvýšení množství proudu ještě více vyčištěného produktu.

10. Způsob podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že

se proud produktu dále čistí k získání ještě více vyčištěného proudu produktu zaváděním proudu produktu do hoření části vypuzovací kolony, do níž se též přivádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získání jednak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

se vytvoří proud ještě více vyčištěného produktu odváděním ještě více vyčištěného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony,

z odpadního proudu se oddělí boční odpadní proud,

z hlavy vypuzovací kolony se odvádí proud, který se zčásti kondenzuje, přičemž se oddělený boční odpadní proud přemění uvolněným teplem zcela v páry a v proudu z hlavy vypuzovací kolony vznikne kapalná, na lehké prvky chudá fáze a plynná, na lehké prvky bohatá fáze,

vzniklá plynná fáze se oddělí z proudu z hlavy vypuzovací kolony a

kapalná fáze z proudu z hlavy vypuzovací kolony se zavede do vypuzovací kolony k vypuzení lehkých podílů vypuzovacím plynem uvnitř této kolony, pro zvýšení množství proudu získávaného produktu.

11. Způsob podle nároku 7, w y z n a č u j í c í s e d á l e t ě m , ž e

proud produktu se dále čistí k získání ještě více vyčištěného proudu produktu zavedením proudu produktu do hořemí části vypuzovací kolony, do níž se též zavádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získání jednak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty, v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

se vytvoří proud ještě více vyčištěného produktu odváděním ještě více vyčištěného proudu kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony,

z odpadního proudu se oddělí boční odpadní proud,

z hlavy vypuzovací kolony se odvádí proud, který se zčásti kondenzuje, přičemž se oddělený boční odpadní proud přemění částečně v páry uvolněným teplem a v proudu z hlavy vypuzovací kolony vznikne kapalná, na lehké prvky chudá fáze a plynná, na lehké prvky bohatá fáze,

vzniklá plynná fáze se oddělí z proudu z hlavy vypuzovací kolony,

proud z hlavy vypuzovací kolony se zavede do vypuzovací kolony k vypuzení lehkých podílů vypuzovacím plynem uvnitř této kolony, pro zvýšení množství proudu produktu,

využije se chladicí schopnosti zčásti zkondenzovaného kapalného proudu produktu a

tento proud se zavede do nízkoteplotního rektifikačního procesu pro zvýšení získávaného množství vyrobeného proudu a tím zvýšení množství proudu ještě více vyčištěného produktu.

12. Způsob podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m , že rektifikační proces též zahrnuje

odlazování vzduchu, po jeho stlačení a čištění, na teplotu vhodnou pro jeho rektifikaci v rektifikační koloně,

rozdělení vzduchu ve dva ochlazené dílčí proudy vzduchu,

zavedení jednoho z obou ochlazených dílčích proudů vzduchu do rektifikační kolony,

zkapalnění druhého z obou ochlazených dílčích proudů vzduchu a následné zavedení zkapalněného proudu vzduchu do rektifikační kolony,

vedení odpadního proudu, před jeho rozdělením, spolu s proudem produktu za účelem výměny tepla s proudem z hlavy kolony, pro částečné zkondenzování proudu z hlavy kolony,

po částečném zkondenzování proudu z hlavy kolony se odpadní proud, kapalný proud a v turboexpandéru expandovaný spojený odpadní proud vedou pro výměnu tepla s druhým ochlazeným dílčím proudem vzduchu za účelem zkapalnění druhého ochlazeného dílčího proudu vzduchu, a

po ukapalnění druhého ochlazeného dílčího proudu vzduchu se v turboexpandéru expandovaný spojený odpadní proud spolu s proudem produktu a spojeným proudem, dříve než se částečně ohřejí, vedou v uspořádání pro výměnu tepla se vstupujícím vzduchem a s uvedeným stlačeným dílčím odpadním proudem, za účelem ochlazení vzduchu na teplotu vhodnou pro rektifikaci, přičemž se uvedený stlačený dílčí odpadní proud ochladí a proud produktu se přemění v páry.

13. Způsob podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e t í m , že

proud produktu se dále čistí k získání ještě více vyčištěného proudu produktu zavedením proudu produktu do hoření části vypuzovací kolony, do níž se též zavádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získání jednak

ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

proud ještě více vyčištěného produktu tvořeného kapalným dusíkem extrémně vysoké čistoty se odvádí ze dna vypuzovací kolony,

spojený odpadní proud se vytvoří rovněž spojením proudu z hlavy vypuzovací kolony s druhým z obou dílčích odpadních proudů a s proudem bohatým na lehké prvky, a

dílčího
vypuzovací plyn se vytvoří vyčleněním/proudu produktu z proudu produktu po jeho vedení za účelem výměny tepla se zmíněným druhým dílčím ochlazeným proudem vzduchu,

14. Způsob podle nároku 11, při němž

proud produktu se dále čistí k získání ještě více vyčištěného proudu produktu zavedením proudu produktu do hořené části vypuzovací kolony, do níž se rovněž přivádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem přivádění proudu produktu, pro získání jednak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

proud ještě více vyčištěného produktu, tvořeného kapalným dusíkem extrémně vysoké čistoty se odvádí ze dna vypuzovací kolony, a

vypuzovací plyn se vytvoří vyčleněním dílčího proudu produktu z proudu ještě více vyčištěného produktu po jeho vedení v uspořádání za účelem výměny tepla se zmíněným ochlazeným dílčím proudem vzduchu,

v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že

proud odváděný z hlavy vypuzovací kolony se znovu stlačuje na tlak panující v rektifikační koloně, do níž se pak tento stlačený přivádí pro zvýšení množství proudu ještě více vyčištěného produktu.

15.. Způsob podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že

proud produktu se dále čistí k získání ještě více vyčiště-

ného proudu produktu zaváděním proudu produktu do hoření části vypuzovací kolony, do níž se též přivádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem přivádění proudu produktu, pro získání jednak ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, jednak proudu z hlavy vypuzovací kolony,

vytvoří se proud ještě více vyčištěného produktu odváděním ještě více vyčištěného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony,

z odpadního proudu se oddělí boční odpadní proud,

z hlavy vypuzovací kolony se odvádí proud, který se zčásti kondenzuje za přeměny odděleného bočního odpadního proudu zcela v páry teplem uvolněným touto kondenzací a v proudu z hlavy vypuzovací kolony vznikne kapalná, na lehké prvky chudá fáze a plynná, na lehké prvky bohatá fáze,

vzniklá plynná fáze se oddělí ze zčásti zkondenzovaného proudu z hlavy vypuzovací kolony,

zčásti zkondenzovaný proud z hlavy vypuzovací kolony se po oddělení plynné fáze z něho zavede do vypuzovací kolony k vypuzení lehkých prvků vypuzovacím plynem za účelem zvýšení množství vyráběného proudu produktu,

vytvoří se proud oddělená plynné fáze, který se spojí s proudem bohatým na lehké prvky a s druhým z obou dílčích odpadních proudů za vzniku zmíněného spojeného proudu,

přičemž se vypuzovací plyn vytvoří oddělením dílčího proudu produktu z ještě více vyčištěného proudu produktu po jeho vedení v uspořádání pro výměnu tepla s druhým ochlazeným dílčím proudem vzduchu.

16. Způsob podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že

proud produktu se dále čistí k získání ještě více vyčištěného proudu produktu zavedením proudu produktu do hoření části vypuzovací kolony, do níž se též zavádí vypuzovací plyn v místě ležícím pod místem zavádění proudu produktu, pro získání ještě více vyčištěného proudu dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony a proudu z hlavy vypuzovací

kolony,

se vytvoří proud ještě více vyčištěného produktu odváděním ještě více vyčištěného proudu dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny ze dna vypuzovací kolony,

z odpadního proudu se oddělí boční odpadní proud,

z hlavy vypuzovací kolony se odvádí proud, který se zčásti kondenzuje, přičemž se oddělený boční odpadní proud zčásti přemění uvolněným kondenzačním teplem v páry a v proudu z hlavy vypuzovací kolony vznikne kapalná, na lehké prvky chudá fáze a plynná, na lehké prvky bohatá fáze, a v bočním odpadním proudu vzniknou parní a v páry nepřeměněná fáze,

ze zčásti zkondenzovaného proudu z hlavy vypuzovací kolony se oddělí plynná fáze bohatá na lehké prvky,

zčásti zkondenzovaný proud z hlavy vypuzovací kolony se po oddělení plynné, na lehké prvky bohaté fáze přivádí do vypuzovací kolony k vypuzení lehkých prvků vypuzovacím plynem v této koloně, pro zvýšení množství proudů vyráběného produktu,

vytvoří se proud oddělené, na lehké prvky bohaté plynné fáze z hlavy vypuzovací kolony, který se spojí s proudem bohatým na lehké prvky a s druhým z obou dílčích odpadních proudů za vzniku spojeného proudu,

před vedením odpadního proudu a proudu produktu v uspořádání pro výměnu tepla s proudem z hlavy kolony se v páry nepřeměněná fáze bočního odpadního proudu zavede do odpadního proudu,

po vedení odpadního proudu v uspořádání pro výměnu tepla s druhým ochlazeným dílčím proudem vzduchu se parní fáze odpadního bočního proudu zavede do odpadního proudu,

přičemž vypuzovací plyn se vytvoří oddělením dílčího proudu produktu z proudu produktu po jeho vedení v uspořádání pro výměnu tepla s druhým ochlazeným dílčím proudem vzduchu.

17. Zařízení pro výrobu dusíku extrémně vysoké čistoty, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje

nízkoteplotní rektifikační ústrojí, zahrnující rektifikační kolonu pro rektifikaci vzduchu uvnitř rektifikační kolony, přičemž se dusík a lehké prvky hromadí v hlavě kolony v podobě par

dusíku vysoké čistoty, bohatých na lehké prvky,

kondenzační ústrojí spojené s hoření částí rektifikační kolony pro částečné zkondenzování proudu z hlavy kolony, takže tento proud obsahuje plynnou fázi bohatou na lehké prvky a kapalnou fázi chudou na lehké prvky,

ústrojí na dělení fází, do něho z kondenzačního ústrojí přichází proud z hlavy kolony, pro oddělení plynné fáze z proudu z hlavy kolony,

ústrojí na dělení fází, spojené s hoření částí rektifikační kolony, takže proud z hlavy kolony se po oddělení plynné fáze vrací do hoření částí rektifikační kolony jako zpětný tok,

přičemž kolona je dimenzována tak, že ze zpětného toku jsou vypuzovány lehké prvky za vzniku dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny pod hoření částí kolony, a

ústrojí k odvádění proudu produktu, tvořeného kapalným dusíkem extrémně vysoké čistoty, z rektifikační kolony a pro odvádění dusíku extrémně vysoké čistoty z výrobního zařízení.

18. Zařízení podle nároku 17, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ústrojí k odvádění produktu zahrnuje též ústrojí pro další čištění proudu produktu za vzniku proudu ještě více vyčištěného produktu a pro odvádění ještě více vyčištěného produktu z výrobního zařízení.

19. Zařízení podle nároku 17, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ústrojí pro další čištění zahrnuje

ústrojí k vytvoření vypuzovacího plynu chudšího na lehké prvky než dusík extrémně vysoké čistoty,

vypuzovací kolonu, spojenou s ústrojím na vytváření vypuzovacího plynu tak, že vypuzovací plyn proudí vzhůru ve vypuzovací koloně,

vypuzovací kolonu, spojenou s rektifikační kolonou tak, že proud produktu stéká ve vypuzovací koloně a je promýván vypuzovacím plynem za vzniku ještě více vyčištěného dusíku extrémně vysoké čistoty v podobě kapaliny na dně vypuzovací kolony, a

ústrojí k odvádění ještě více vyčištěného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty ze dna vypuzovací kolony a k vytvoření proudu ještě více vyčištěného produktu z odváděného kapalného dusíku extrémně vysoké čistoty.

20. Zařízení podle nároku 18, v y z n a č u j í c í s e d á l e t í m , že zahrnuje

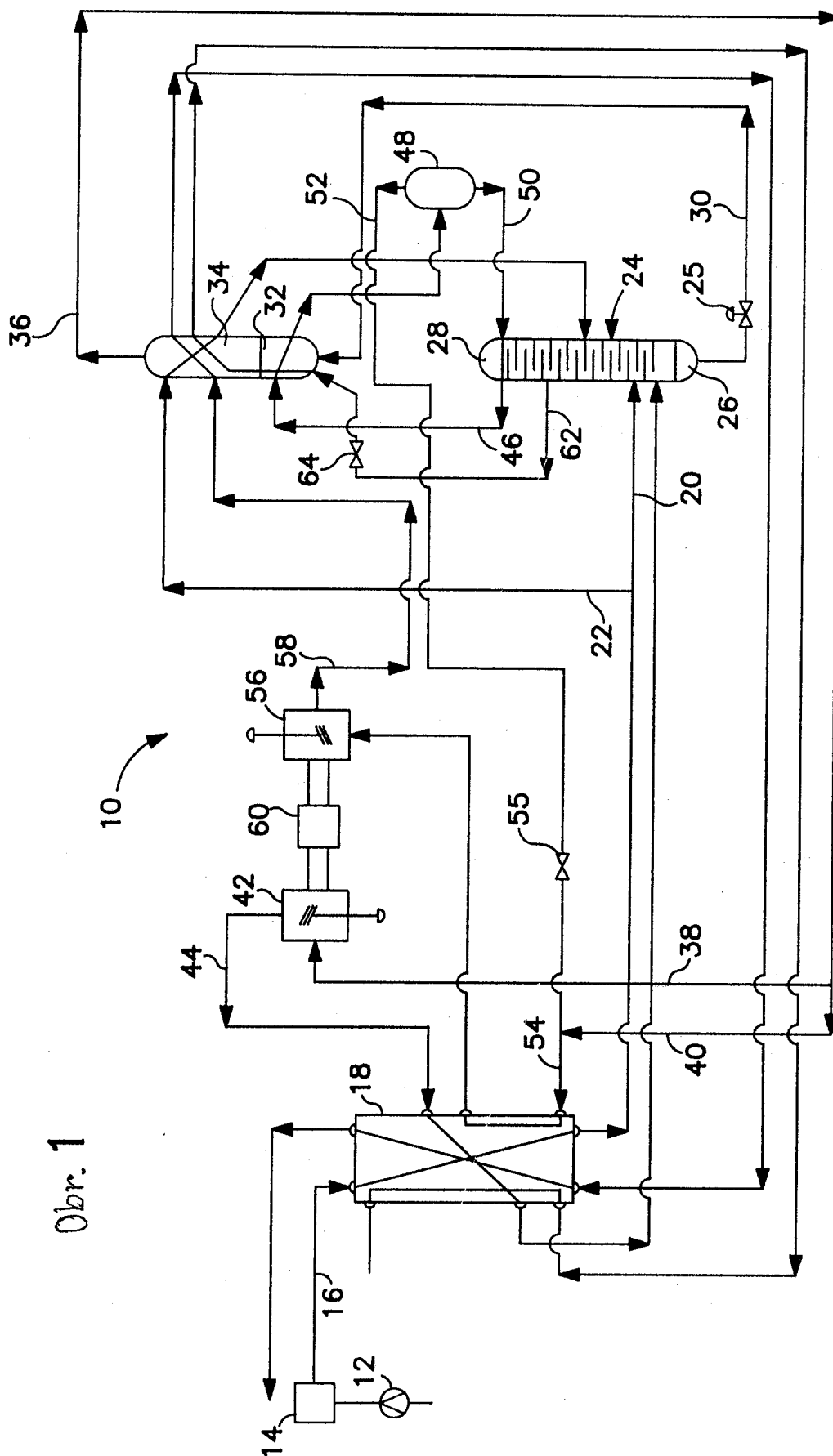
recyklační kompresor, zapojený mezi hoření část vypuzovací kolony a vhodné místo rektifikační kolony pro stlačování proudu z hlavy vypuzovací kolony, sestávajícího z podílů z hlavy vypuzovací kolony, na tlak panující v koloně a pro zavádění stlačeného proudu z hlavy vypuzovací kolony do kolony pro zvýšení množství vyráběného dusíku extrémně vysoké čistoty.

21. Zařízení podle nároku 18, v y z n a č u j í c í s e t í m , že dále zahrnuje

ústrojí spojené s hlavou vypuzovací kolony pro částečné zkondenzování proudu z hlavy vypuzovací kolony, tvořené podíly z hlavy vypuzovací kolony a tím pro vytvoření plynné, na lehké prvky bohaté fáze a kapalně, na lehké prvky chudé fáze uvnitř proudu z hlavy vypuzovací kolony, a

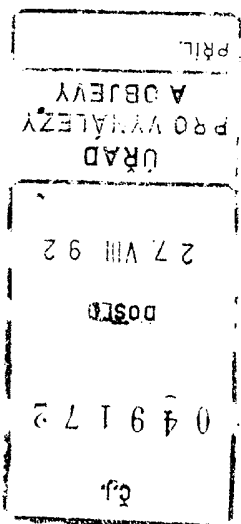
ústrojí k oddělení plynné, na lehké prvky bohaté fáze od kapalně, na lehké prvky chudé fáze,

kteréžto dělicí ústrojí je spojeno s vypuzovací kolonou tak, že kapalná, na lehké prvky chudá fáze stéká uvnitř kolony a je promývána vypuzovacím plynem, pro zvýšení množství proudu ještě více vyčištěného produktu.

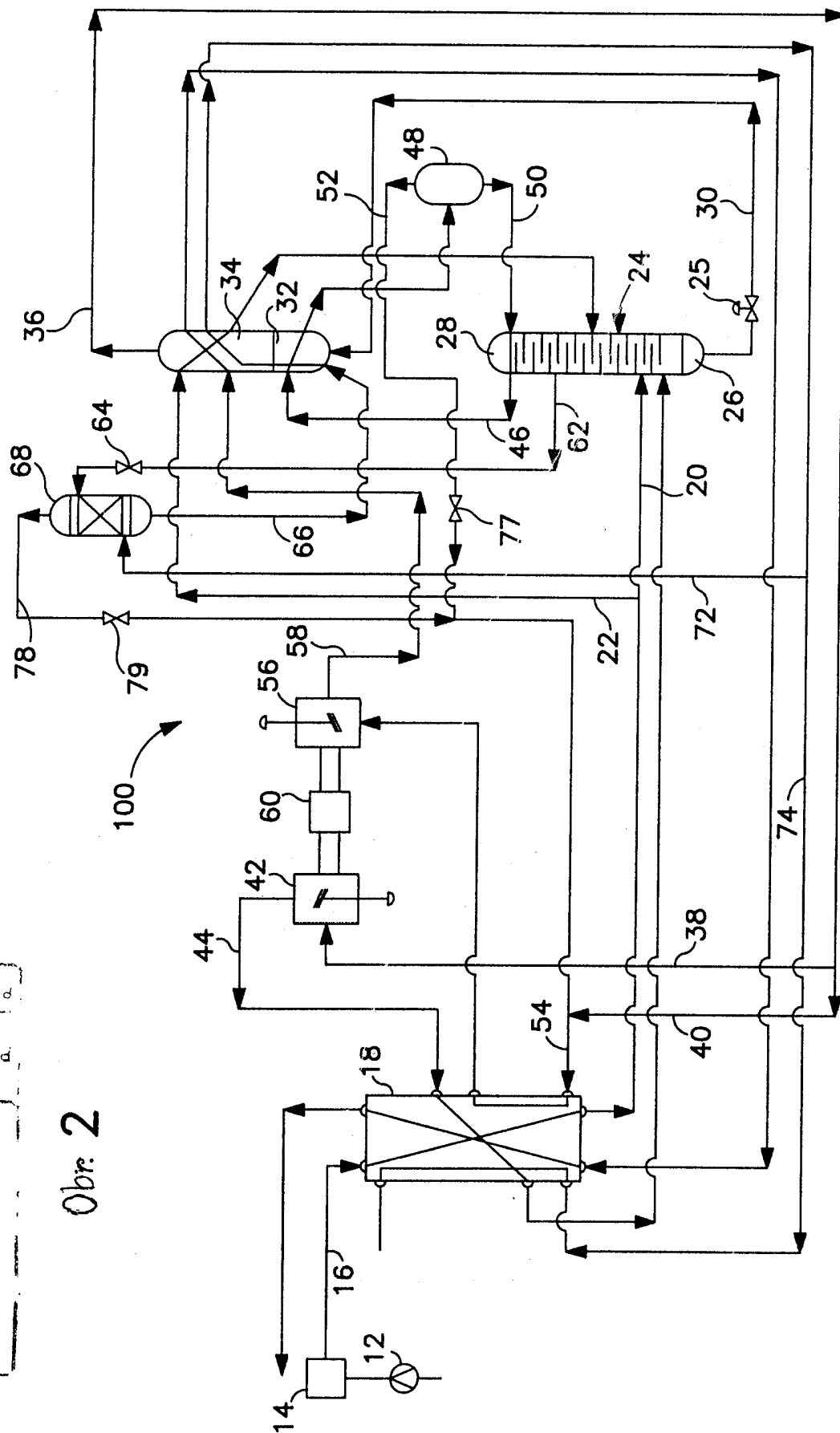


Obr. 1

049172
27. VII. 92
URAD.
PROJEKTY
A OBJEV
PRIL

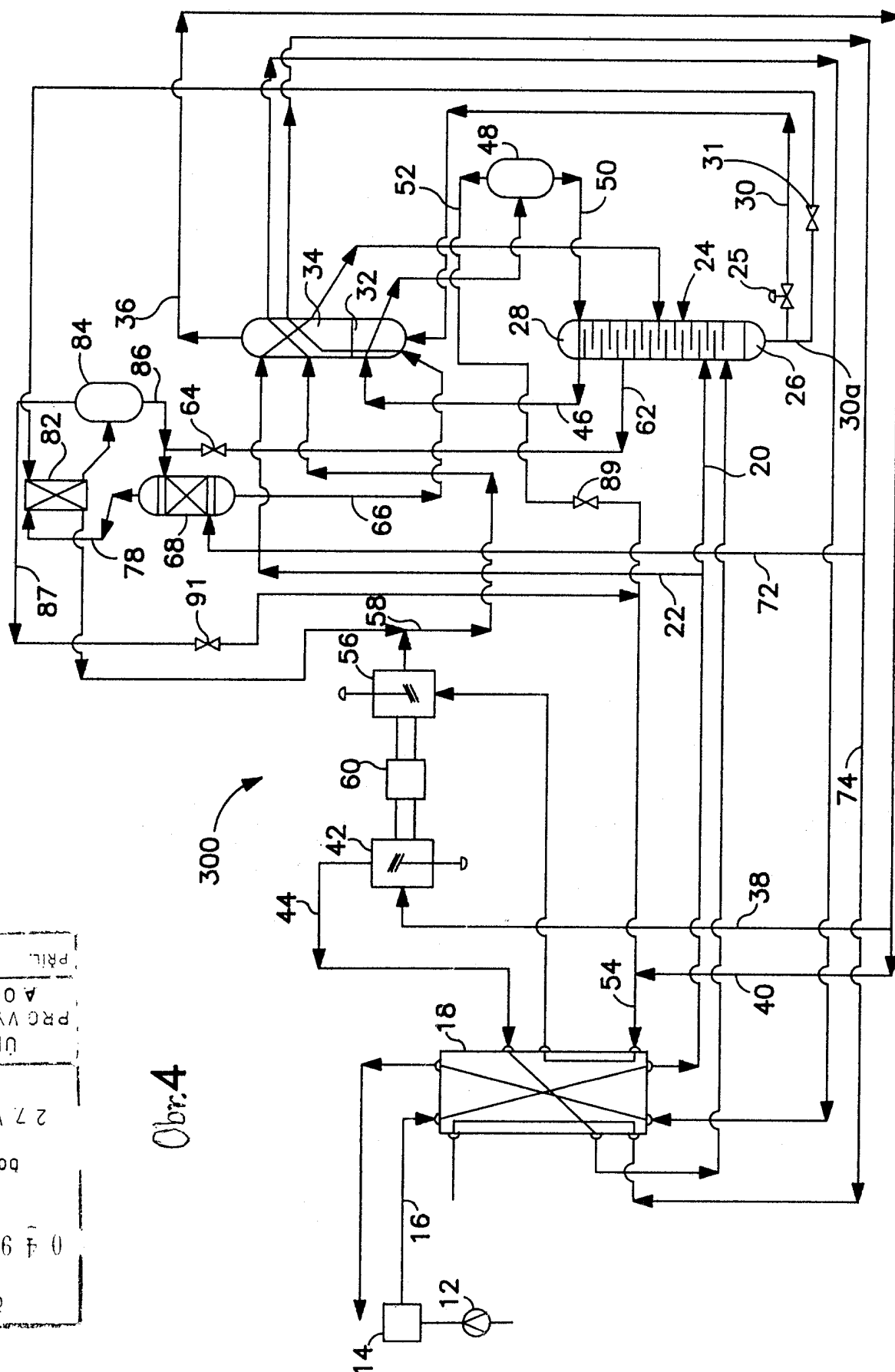


Obr. 2



č.j.	0 4 9 1 7 2	došlo	2 7. VIII 9 2	URAD PRO VÝNÁLEZY	Přil. A OBJEVY
------	-------------	-------	---------------	----------------------	-------------------

Obr. 4



Č.j. 049172
 DOSTO 27 VIII 92
 ÚRAD PRO VNÁŠEŽI
 A OBJEVY
 PŘIL.

Obr. 5

