



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218406

(11)

(B1)

[51] Int. Cl.³
C 10 K 1/04

[22] Přihlášeno 04 05 81
[21] (PV 3259-81)

[40] Zveřejněno 30 06 82

[45] Vydáno 15 03 85

[75]

Autor vynálezu

VINŠ LUDĚK ing. CSc., VINŠ MARTIN ing., HRADEC KRÁLOVÉ

[54] Způsob rozdělování zpětných proudů a kondenzátů při praní plynu kapalným dusíkem a zařízení k provádění tohoto způsobu

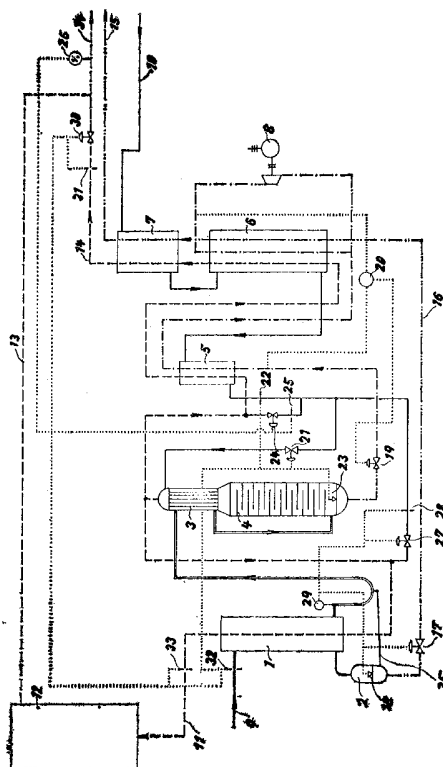
1

Vynález se týká způsobu rozdělování zpětných proudů a kondenzátů pro ochlazení výchozího plynu a dusíku při praní plynu kapalným dusíkem při molárním obsahu metanu ve výchozím plynu 0,2 až 12 proc., s expanzí odpadního plynu v expanzní turbíně, za účelem výroby dusíkovodíkové směsi pro syntézu čpavku a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Kapalný dusík se přidává zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn a zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující dusík. Množství dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn je úměrné množství výchozího plynu.

Zařízení je vybaveno armaturami a regulačními obvody umožňujícími uvedený způsob.

2



Vynález se týká způsobu rozdělování zpětných proudů a kondenzátů pro ochlazování výchozího plynu a dusíku při praní plynu kapalným dusíkem při molárním obsahu metanu ve výchozím plynu 0,2 až 12 %, s expanzí odpadního plynu v expanzní turbíně, za účelem výroby dusíkovodíkové směsi pro syntézu čpavku a zařízení k provádění tohoto způsobu.

V zařízeních na praní plynu kapalným dusíkem je třeba ochladit výchozí plyn obsahující vodík, dusík, kysličník uhelnatý, argon a metan na teplotu až -190°C a právě tak dusík určený k praní plynu a doplňování dusíkovodíkové směsi. K chlazení těchto médií jsou k dispozici produkty praní plynu, a sice dusíkovodíková směs doplňovaná dusíkem a odpadní plyn obsahující dusík, pohlčený vodík a všechny kysličník uhelnatý, argon a metan z výchozího plynu. Ke konečnému ochlazení výchozího plynu a dusíku se používá odpařování kapalného dusíku do dusíkovodíkové směsi v tzv. sytiči, umístěném nad promývací kolonou. Před sytičem se výchozí plyn a dusík ochlazují odděleně, a proto je nutné rozdělit i frakce. V současné době se postupuje tak, že se všechny odpadní plyn po seškracení na tlak kolem 1 MPa odpaří a ohřeje v protiproudu k dusíku, načež expanduje v expanzní stroji na tlak blízký atmosférickému a ohřátím na okolní teplotu ochlazuje dusík. Odpadní plyn nestačí na ochlazení a kondenzaci dusíku. Proto se část dusíkovodíkové směsi ohřívá proti dusíku, zatímco hlavní část dusíkovodíkové směsi ochlazuje výchozí plyn. Na výstupu ze sytiče se dusíkovodíková směs buď před rozdělením na uvedené dva proudy doplňuje kapalným, popřípadě plynným dusíkem (přídavný dusík) tak, aby vznikla směs $3\text{H}_2 + \text{N}_2$ potřebná pro syntézu čpavku, nebo se všechny přídavný dusík zavádí do směsi ochlazující dusík v takovém množství, aby po smíšení obou proudů vznikla směs $3\text{H}_2 + \text{N}_2$. Uvedený druhý způsob lze použít jen v případě malého obsahu metanu ve výchozím plynu.

První způsob umožňuje kondenzaci části metanu a dalších složek před sytičem při vyšším obsahu metanu ve výchozím plynu, avšak křivka ohřevu přiléhá ke křivce ochlazování v diagramu tepelný tok — teplota jen při určitém obsahu metanu ve výchozím plynu, který odpovídá odpaření přídavného dusíku v dusíkovodíkové směsi o složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$. Běžně dochází k rozevírání ochlazovací a ohřívací křivky, což je z termodynamického hlediska nevýhodné. Při větším obsahu metanu se obvykle ochlazování výchozího plynu doplňuje odpařováním kondenzátu odloučeného před sytičem po seškracení na nízký tlak v samostatném prostoru výměníku tepla, což zdražuje zařízení a komplikuje provoz.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob rozdělování zpětných proudů a kondenzátů při

praní plynu kapalným dusíkem se syčením vodíku dusíkem v sytiči nad promývací kolonou, s expanzí odpadního plynu v expanzní stroji, s ochlazováním plynu jednou částí dusíkovodíkové směsi a s ochlazováním dusíku druhou částí dusíkovodíkové směsi a odpadním plynem před expanzí a po expanzi a s doplňováním dusíkovodíkové směsi kapalným dusíkem na složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$, jehož podstata spočívá v tom, že se kapalný dusík přidává zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující dusík a zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn, přičemž množství dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn je úměrné množství výchozího plynu a přidáváním kapalného dusíku do této části dusíkovodíkové směsi se zajišťuje, aby teplota výchozího plynu před sytičem nestoupala nad 100 K, zatímco přidáváním kapalného dusíku do dusíkovodíkové směsi ochlazující dusík se po smíšení obou proudů dusíkovodíkové směsi dosáhne složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$, přičemž kondenzát z výchozího plynu (metanová frakce) se zavádí buď do expandovaného odpadního plynu, nebo se všechny, popřípadě část spolu s výchozím plynem dále ochlazuje v sytiči, odkud se zavádí do odpadního plynu před expanzí v expanzní stroji.

K provádění navrženého způsobu rozdělování zpětných proudů bylo navrženo nové zařízení. Podstata zařízení sestávajícího z výměníků tepla výchozího plynu, promývací kolony se sytičem, tří výměníků tepla na chlazení dusíku, expanzního stroje, armatury, měřicích přístrojů a regulačních obvodů je v tom, že regulační ventil ve výstupním potrubí dusíkovodíkové směsi na straně dusíku je regulačním obvodem propojen s průtokoměrem v tomtéž potrubí a s průtokoměry v potrubí výchozího plynu a v potrubí dusíkovodíkové směsi na straně výchozího plynu, přičemž škrticí ventil kapalného dusíku, umístěný v potrubí mezi potrubím dusíku a dusíkovodíkové směsi na straně dusíku za sytičem, je propojen regulačním obvodem s průtokoměrem a teploměrem výchozího plynu před sytičem, zatímco škrticí ventil kondenzátu výchozího plynu (metanové frakce) je propojen regulačním obvodem s hladinoměrem se sběrači a teploměrem výchozího plynu před sytičem a sběrač je propojen trubkou s potrubím výchozího plynu před sytičem ve vyšší hladiny kondenzátu ve sběrači.

Výhoda způsobu rozdělování zpětných proudů a zařízení podle vynálezu spočívá v tom, že výměna tepla v hlavním výměníku tepla, tj. ve výměníku tepla výchozího plynu probíhá s málo proměnlivým teplot-

ním spádem v celém rozsahu teplot, což je z termodynamického hlediska výhodné. Provedení podle vynálezu umožňuje provoz zařízení v širokých mezích obsahu metanu ve výchozím plynu, aniž by bylo nutno použít vícemédiový výměník tepla pro ochlazování výchozího plynu.

Uskutečnění způsobu a provedení zařízení je zřejmé z následujícího příkladu s přiloženým výkresem, na němž je schematicky znázorněno příkladné provedení zařízení podle vynálezu.

Zařízení sestává z výměníku **1** tepla, sběrače **2**, sytiče **3**, promývací kolony **4**, výměníků **5**, **6**, **7** tepla pro ochlazování dusíku a expanzní turbíny **8** s brzdícím generátorem a dále z potrubí jednotlivých médií.

Jedná se o potrubí **9** výchozího plynu, potrubí **10** dusíku, potrubí **11** dusíkovodíkové směsi na straně výchozího plynu do zařízení **12** na praní výchozího plynu metanolem, potrubí **13** z praní výchozího plynu metanolem, potrubí **14** dusíkovodíkové směsi na straně dusíku, potrubí **15** odpad-

ního plynu a potrubí **16** metanové frakce. Zařízení je dále vybaveno škrticím ventilem **17** v potrubí metanové frakce, hladinoměrem **18**, škrticím ventilem **19** v potrubí odpadního plynu, měřičem **20** tlakové difference, škrticím ventilem **21** v potrubí kapalného dusíku, průtokoměrem **22**, hladinoměrem **23**, škrticím ventilem **24** v potrubí kapalného dusíku, průtokoměrem **25**, analyzátozem **26**, škrticím ventilem **27** kapalného dusíku, průtokoměrem **28**, teploměrem **29** výchozího plynu, regulačním ventilem **30** v potrubí dusíkovodíkové směsi na straně dusíku, průtokoměrem **31** dusíkovodíkové směsi na straně dusíku, průtokoměrem **32** výchozího plynu, průtokoměrem **33** dusíkovodíkové směsi na straně výchozího plynu, potrubím **34** dusíkovodíkové směsi $3\text{H}_2 + \text{N}_2$ a přepouštěcí trubkou **35** ze sběrače **2** do potrubí výchozího plynu za výměníkem **1**.

Funkce zařízení je dále vysvětlena pro tři různá molární složení výchozího plynu v %:

výchozí plyn

	A	B	C
H ₂	88,4	83	91,8
CO	5,4	5,4	3,2
N ₂	1,5	1,5	1,2
CH ₄	4,6	10	3,8
C ₂ H ₄	0,1	0,1	0,0

Výchozí plyn o tlaku 2,4 MPa a teplotě 218 K vstupuje potrubím **9** do výměníku **1**, kde se ochladí dusíkovodíkovou směsí na teplotu 100 K, v případě složení A a B a na teplotu 92 K v případě složení C. Při tomto ochlazení zkonduzuje první část výchozího plynu — metanové frakce, která se shromažďuje ve sběrači **2**. Výchozí plyn se dále ochlazuje v mezitrubkovém prostoru sytiče **3** na teplotu 83 K dusíkovodíkovou směsí, do níž se odpařuje dusík. Přitom zkonduzuje další část příměsí. Zbylý plyn prochází promývací kolonou **4**, kde se promývá kapalným dusíkem. Ve spodku promývací kolony **4** se shromažďuje kapalný odpadní plyn obsahující kysličník uhelnatý, argon, metan a pohlčený vodík.

Dusík o tlaku 2,7 MPa a teplotě 308 K, vstupující potrubím **10**, se ochlazuje a kondenzuje ve výměnících **7**, **6**, **5** tepla dusíkovodíkovou směsí a odpadním plynem. Teplota kapalného dusíku za výměníkem **5** je 90 K. Takto ochlazený dusík se dělí na tři proudy. Hlavní část dusíku se škrtí ventilem **21** a přichází na vrch sytiče **3**, kde stéká v protiproudu k dusíkovodíkové směsí do promývací kolony **4**, přičemž se částečně odpařuje a dále se ochlazuje. Množstvím tohoto dusíku se udržuje konstantní průtok všeho dusíku měřeného průtokoměrem **22**, jehož zadaná hodnota se mění tak, aby po-

měr tohoto průtoku a průtoku výchozího plynu (průtokoměr **32**) byl konstantní.

Zadaná hodnota poměru průtoků se mění podle hladinoměru **23** odpadního plynu ze spodku promývací kolony **4**. Druhá část dusíku se škrtí ventilem **24** do dusíkovodíkové směsi na vstupu do výměníku **5**. Množství tohoto dusíku se udržuje průtokoměrem **25**, jehož zadaná hodnota se nastavuje podle analyzátoru **26**. Třetí část dusíku se škrtí ventilem **27** do dusíkovodíkové směsi na vstupu do výměníku **1**. Množství tohoto dusíku se udržuje průtokoměrem, jehož zadaná hodnota se nastavuje podle teploměru **29**. V případě složení výchozího plynu A a C je tento ventil uzavřen.

Dusíkovodíková směs vystupuje ze sytiče **3** o teplotě a molárním složení pro plyn A 87,8 K, 80,6 % H₂, pro plyn B 87,5 K, 81 % H₂, pro plyn C 83,7 K, 86 % H₂. Větší část dusíkovodíkové směsi se ohřívá ve výměníku **1** na teplotu 213 K a dále se ohřívá v zařízení **12** na praní plynu metanolem.

V případě výchozího plynu **B** se do dusíkovodíkové směsi na vstupu do výměníku **1** přivádí kapalný dusík škrticím ventilem **27** o množství potřebném pro udržení teploty výchozího plynu 100 K, čímž se zvýší množství dusíku v dusíkovodíkové směsi na 25 %. Poměr množství výchozího plynu měřeného průtokoměrem **32** a množství du-

síkovodíkové směsi měřené průtokoměrem **33** je přibližně 1. Zbylá část dusíkovodíkové směsi spolu s kapalným přídavným dusíkem se ohřívá ve výměnících **5**, **6** a **7** až na teplotu 303 K.

Přídavný dusík se škrtí ventilem **24** do dusíkovodíkové směsi na vstupu do výměníku **5**. Množství přídavného dusíku se řídí podle analyzátoru **26**, který je umístěn v potrubí **34** dusíkovodíkové směsi, a který působí na zadanou hodnotu průtoku průtokoměrem **22** tak, aby výsledná dusíkovodíková směs v potrubí **34** měla složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$. Tato část dusíkovodíkové směsi má molární koncentraci dusíku pro plyn A 53,7 proc. pro plyn B 25 % a pro plyn C 76,3 %.

Rozdělení dusíkovodíkové směsi řídí regulační ventil **30**, jehož průtok na průtokoměru **31** je přestavován v závislosti na poměru průtoků měřených průtokoměry **32** a **33**. Dusíkovodíková směs z praní plynu metanolem a dusíkovodíková směs ze strany dusíku se zavádějí potrubím **13**, resp. **14** do výstupního potrubí **34** dusíkovodíkové směsi.

Metanová frakce ze sběrače **2** se v případě výchozích plynů A a B škrtí ventilem **17** a zavádí se potrubím **16** do expandovaného odpadního plynu za expanzní turbí-

nou **8**. V případě výchozího plynu C je škrticí ventil **17** uzavřen a metanová frakce se převádí přepouštěcí trubkou **35** do potrubí výchozího plynu za výměníkem **1**. Škrticí ventil **17** je ovládán hladinoměrem **18**, jehož zadaná hodnota se nastavuje podle údaje teploměru **29** tak, aby při poklesu teploty pod 100 K započalo převádění metanové frakce přepouštěcí trubkou **35**.

Odpadní plyn ze spodku promývací kolony **4** se škrtí ventilem **19** na tlak 1,2 MPa tak, aby tlaková ztráta odpařujícího se odpadního plynu ve výměnících **5** a **6** měla nastavenou hodnotu. Odpadní plyn po odpaření a ohřátí ve výměnících **5** a **6** na teplotu 180 K expanduje v expanzní turbíně **8** na tlak 0,18 MPa, načež se po případném přidání metanové frakce (v případě výchozích plynů A a B) ohřívá ve výměnících **6** a **7** na teplotu 303 K.

Způsob rozdělování zpětných proudů a kondenzátů při praní plynu kapalným dusíkem a zařízení k provádění tohoto způsobu lze s výhodou použít při výrobě čpavku zplyňováním tuhých paliv v tlakových generátorech pro široký rozsah kvality tuhých paliv a pro široký rozsah způsobu zplyňování.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob rozdělování zpětných proudů a kondenzátů při praní plynu kapalným dusíkem se syčením vodíku dusíkem s expanzí odpadního plynu, s ochlazováním plynu jednou částí dusíkovodíkové směsi a s ochlazováním dusíku druhou částí dusíkovodíkové směsi a odpadním plynem před expanzí a po expanzi a s doplňováním dusíkovodíkové směsi kapalným dusíkem na složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$ vyznačený tím, že se kapalným dusíkem přidává zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující dusík a zvlášť do dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn, přičemž množství dusíkovodíkové směsi ochlazující výchozí plyn je úměrné množství výchozího plynu a přidáváním kapalného dusíku do této části dusíkovodíkové směsi se zajišťuje, aby teplota výchozího plynu před sytičem nestoupala nad 100 K, zatímco přidáváním kapalného dusíku do dusíkovodíkové směsi ochlazující dusík se po smísení obou proudů dusíkovodíkové směsi dosáhne složení $3\text{H}_2 + \text{N}_2$, přičemž kondenzát z výchozího plynu, tj. metanová frakce, se zavádí buď do expandovaného odpadního plynu, nebo se všechn, popř. část spolu s výchozím plynem dále ochlazuje a zavádí do odpadního plynu před expanzí.

2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, sestávající z výměníku tepla výchozího plynu, promývací kolony se sytičem,

tří výměníků tepla na chlazení dusíku, expanzního stroje, armatury, měřících přístrojů a regulačních obvodů, vyznačené tím, že regulační ventil (30) ve výstupním potrubí dusíkovodíkové směsi na straně dusíku je regulačním obvodem propojen s průtokoměrem (31) v tomtéž potrubí a s průtokoměry (32) a (33) v potrubí výchozího plynu a v potrubí dusíkovodíkové směsi na straně výchozího plynu, přičemž škrticí ventil (24) kapalného dusíku, umístěný v potrubí mezi potrubím dusíku a dusíkovodíkové směsi na straně dusíku za sytičem (3), je propojen regulačním obvodem s průtokoměrem (25) v témže potrubí a analyzátozem (26) dusíkovodíkové směsi v potrubí dusíkovodíkové směsi $3\text{H}_2 + \text{N}_2$ a dále škrticí ventil (27) kapalného dusíku, umístěný v potrubí mezi potrubím dusíku a dusíkovodíkové směsi na straně výchozího plynu za sytičem (3), je propojen regulačním obvodem s průtokoměrem (28) a teploměrem (29) výchozího plynu před sytičem (3), zatímco škrticí ventil (17) kondenzátu výchozího plynu, tj. metanové frakce, je propojen regulačním obvodem s hladinoměrem (18) ve sběrači (2) a teploměrem (29) výchozího plynu před sytičem (3) a sběrač (2) je propojen trubkou s potrubím výchozího plynu před sytičem (3) ve výši hladiny kondenzátu ve sběrači (2).

