



ÚRAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

223666
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
C 07 C 31/24

(22) Prihlášené 16 02 81
(21) (PV 1068-81)

(40) Zverejnené 28 01 83

(45) Vydané 15 03 86

(75)
Autor vynálezu

BOBOK JÁN ing., NOVÁKY, PALO ONDREJ ing., HUMENNÉ, VANKO MILAN ing. CSc., PRIEVIDZA, HAGARA ANTON ing., BOJNICE, VIDOVENEC JÁN ing., MICHALOVCE, PAULECH JOZEF ing., PRIEVIDZA, KOVÁČ JOZEF ing., VRANOV nad Topľou, KORDÍK JOZEF, PRIEVIDZA

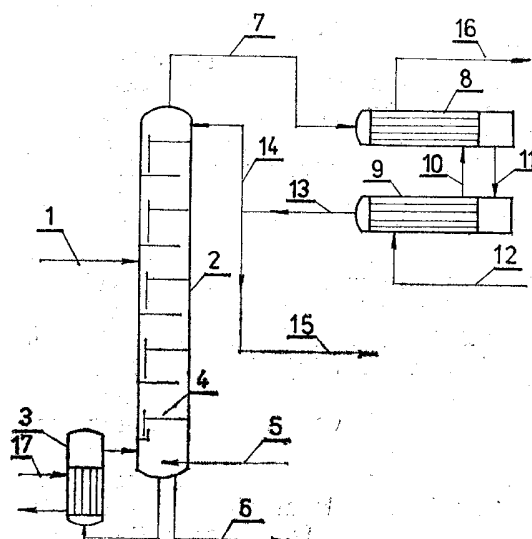
(54) Spôsob rektifikačného oddelovania formaldehydu z reakčného roztoku z výroby pentaerytritolu a zariadenie na uskutočňovanie tohto spôsobu

1

Nezreagovaný formaldehyd, voľný i viazaný v labilných zlúčeninách, sa odstraňuje z reakčného roztoku z výroby pentaerytritolu rektifikáciou v etážovej kolóne, vybavenej dvojstupňovým vyvíjačom nasýtenej vodnej pary o tlaku 0,15 MPa. Rektifikácia sa uskutočňuje pomocou kombinovaného prívodu jednak priamej pary pod najspodnejšiu etáž kolóny a jednak do vyvarovacieho systému s cirkuláciou v pomere 10 až 25 : 1 na odvádzaný reakčný roztok zbavený formaldehydom. Obsah formaldehydu po rektifikácii činí maximálne 0,1 % hmot. Rektifikáciou pri 140 °C sa získa destilát s obsahom 18 % hmot. formaldehydu.

Dvojstupňový systém vyvíjača pary umožňuje plynulú výrobu nízkotlakej pary vhodnej pre ďalšie využitie v prevádzke.

2



Vynález rieši spôsob a zariadenie na účinné a ekonomicky úsporné oddeľovanie nezreagovaného formaldehydu z reakčného roztoku, vznikajúceho vo výrobe pentaerytritolu.

Pentaerytritól sa vyrába reakciou formaldehydu s acetaldehydom v alkalickom prostredí. Obvykle sa používa značný prebytok formaldehydu oproti stechiometrickej spotrebe, ktorý má priaznivý vplyv na zvyšovanie výťažku pentaerytritolu, vzťahnuté na privádzaný acetaldehyd. Vedľajšími reakciami medzi východzími látkami, prípadne medzi východzími látkami a ich sploďinami, vzniká zároveň pestrá zmes látok v množstve, závislom od technologických podmienok a konštrukcie reakčnej sústavy, z ktorých majú najvýznamnejšie zastúpenie dipentaerytritól a vyššie pentaerytritoly, ďalej formály pentaerytritolu a/alebo dipentaerytritolu a ďalšie látky, vznikajúce najmä kondenzačnými reakciami formaldehydu v alkalickom prostredí.

Pri včasnom ukončení reakcie neutralizáciou obsahuje reakčná zmes aj príslušné množstvo nezreagovaného formaldehydu, ktorý sa musí z reakčnej zmesi odstrániť až do nepatrného zbytku najmä preto, že formaldehyd už v nepatrných koncentraciách veľmi narušá priebeh kryštalizácie pentaerytritolu a tak veľmi znižuje výťažok pentaerytritolu v separačnom procese. Obsah formaldehydu v reakčnej zmesi idúcej na ďalšie spracovanie nemá presahovať viac ako 0,01 % hmot., aby kryštalizácia prebiehala hladko a s minimálnymi stratami pentaerytritolu. Ďalším dôvodom odstránenia formaldehydu z reakčnej zmesi je maximálna hospodárnosť jeho využitia regeneráciou, významná najmä vtedy, keď sa používa technológia syntézy pentaerytritolu vyžadujúca vysoký prebytok formaldehydu oproti jeho stechiometrickej spotrebe, pričom sa súčasne dosahujú najvyššie výťažky pentaerytritolu vzťahnuté na privádzaný acetaldehyd.

Na odstránenie nezreagovaného formaldehydu z reakčného roztoku sa používajú rôzne spôsoby, jednak tzv. tepelného ničenia reakciou pri zvýšenej teplote na sirupovité látky a jednak rôzne spôsoby rektifikačného alebo destilačného vydelenia z reakčného roztoku, ktorými sa nezreagovaný formaldehyd regeneruje a súčasne sa za vhodných podmienok modifikujú vlastnosti reakčného roztoku v smere priaznivom pre dosiahnutie maximálnych výťažkov pentaerytritolu v nasledujúcich separačných operáciách.

Pri známych spôsoboch prípravy pentaerytritolu sa odstraňovanie formaldehydu uskutočňuje obyčajne rektifikáciou reakčnej zmesi za vyššieho tlaku ako je tlak atmosférický. Napríklad podľa USA patentu 2 562 102 sa nezreagovaný prebytok formaldehydu odstraňuje z mierne kyslej reakčnej zmesi pomocou destilácie s vodnou parou pri obyčajnom alebo zvýšenom tlaku.

Obsah formaldehydu v reakčnej zmesi odchádzajúcej z rektifikácie je 0,1 %. Podobne sa rieši odstraňovanie formaldehydu z mierne okyslenej reakčnej zmesi destiláciou pri tlaku 1,7 až 3,1 at. podľa USA pat. 2 951 095, resp. pri tlaku 2,0 až 2,5 at., teda pri destilačnej teplote okolo 130 °C, podľa USA pat. 2 790 836. Rozličné modifikácie dvojstupňového oddeľovania formaldehydu pomocou dvoch rektifikačných kolón, pracujúcich pri odlišných tlakoch, sú riešené a popísané v USA pat. 3 410 915, vo V. Brit. pat. 1 240 254 a v NSR pat. 1 910 057. Vo V. Brit. pat. sa uvádza postup, podľa ktorého sa roztok pentaerytritolu a mravčanu vápenatého koncentruje za vákuu 20 torr a až potom za tlaku 3 at. sa oddestiluje nezreagovaný formaldehyd.

Podľa franc. pat. 1 349 534 sa nezreagovaný formaldehyd odstraňuje v kolóne prehánaním priamou vodnou parou pri teplote v rozmedzí 150 až 200 °C. Tlak privádzanej priamej pary je 15 at. Pre dosiahnutie vyššieho výťažku pentaerytritolu je dôležitá úprava pH reakčného roztoku na hodnotu 5,5 až 4. Zvýšenie výťažku pentaerytritolu sa pripisuje tepelnému rozkladu tzv. hemiformálov. Odstraňovanie formaldehydu stripovaním reakčného roztoku v rektifikačnej kolóne je riešené a popísané v nasledujúcich patentových spisoch: V. Brit. pat. č. 824 442, NSR pat. 1 158 950, V. Brit. pat. č. 936 083 a 989 243. Spôsob prípravy di- až polyhydroxyzlúčenín s využívaním rektifikácie alebo destilácie zbytkového nezreagovaného formaldehydu pri teplote 120 až 150 °C z reakčného roztoku, ktorého pH je upravené na hodnotu menšiu ako 9, s výhodou menšiu ako 6, je popísaný v čs. autorskom osvedčení 186 549.

Všetky doteraz používané spôsoby odstránenia nezreagovaného formaldehydu z reakčnej zmesi, obsahujúcej pentaerytritól a ďalšie látky, vzniklé vedľajšími reakciami z formaldehydu a acetaldehydu vo vodnom zriedenom alkalickom prostredí, majú niekoľko nevýhod, spočívajúcich v nízkej účinnosti rektifikácie a hlavne vo vysokých prevádzkových nákladoch, vyplývajúcich z vysokej spotreby pary. Niektoré navrhované spôsoby majú aj nepriaznivý vplyv na výťažok pentaerytritolu a nízku účinnosť regenerácie formaldehydu v dôsledku nedokonalého rozkladu labilných vedľajších zlúčenín pentaerytritolu, obsahujúcich formaldehyd, prípadne aj v dôsledku ďalších reakcií formaldehydu za podmienok panujúcich v používaných separačných zariadeniach.

Nevýhody a nedostatky doteraz známych spôsobov odstránenia a regenerácie nezreagovaného formaldehydu vyplývajú predovšetkým z neideálneho chovania sa systému voda — formaldehyd a z peme veľmi vysokej citlivosti tohto procesu na dodržiavanie vhodných technologických podmienok

so zreteľom na konštrukčné parametre a konštrukčné zvláštnosti požívaných zariadení. V dôsledku toho sa doteraz známymi spôsobmi získava reakčný roztok, obsahujúci ešte pomerne vysoké množstvo formaldehydu od 0,1 do 1,0 % hmot., čo zvyšuje rozpustnosť pentaerytritolu a sťažuje tak jeho izoláciu kryštalizáciou, alebo sa znižuje výťažok pentaerytritolu v dôsledku neúmernej expozície reakčného roztoku pri vysokej teplote, alebo sa znižuje účinnosť regenerácie formaldehydu pri súčasných vysokých nákladoch na spotrebu pary o tlaku 1,5 MPa, prípadne ešte vyššom, ak se rektifikácia uskutočňuje pri teplote až 200 °C.

Uvedené nedostatky sa odstraňujú spôsobom rektifikačného oddeľovania formaldehydu z reakčného roztoku z výroby pentaerytritolu frakciou formaldehydu s acetaldehydom v alkalickom prostredí, ktoré sa uskutočňuje po neutralizácii reakčného roztoku podľa vynálezu tak, že časť pary potrebnej na rektifikáciu sa privádza pri tlaku 0,4 až 0,61 MPa do spodnej časti rektifikačnej kolóny, s výhodou pod nejspodnejšiu etáž rektifikačnej kolóny, v množstve odpovedajúcom podielu 0,5 až 15 % z množstva do kolóny privádzaného nástreku reakčného roztoku po neutralizácii, pričom z rektifikačnej kolóny sa odvádza parná zmes pri teplote v rozmedzí 125 až 160 °C, s výhodou v rozmedzí 135 až 150 °C, do dvojstupňového teplozmenného systému, pričom z prvého stupňa tohto systému sa odvádza vodná para o tlaku v rozmedzí 0,11 až 0,35 MPa, s výhodou 0,125 až 0,25 MPa a v druhom stupni sa znižuje teplota kondenzátu parnej zmesi z rektifikačnej kolóny na hodnotu 90 až 110 °C, s výhodou na 95 až 102 stupňov Celsia a po tomto ochladení sa časť vedie späť do rektifikačného systému, zvyšok sa vedie na ďalšie spracovanie a z vyvarovacieho systému sa odvádza reakčný roztok zbavený podstatnej časti formaldehydu.

Na uskutočňovanie tohto postupu je vhodné zariadenie, pozostávajúce z rektifikačnej kolóny, tepelných výmenníkov a armatúr, pričom etážová rektifikačná kolóna 2 opatrená prídomom 1 nástreku, je pod najspodnejšou etážou 4 opatrená prídomným potrubím 5 priamej pary a vyparovacím zariadením 3, ktorého medzirúrkový priestor je spojený s prídomným potrubím 17 vyhrievacej pary, pričom vrchná časť etážovej rektifikačnej kolóny 2 je spojená odvodným potrubím 7 pár destilátu na prvý tepelný výmenník 8, s výhodou rúrkového typu, na ktorý je do série zapojený spojovacím potrubím 11 rúrkových priestorov druhý tepelný výmenník 9 a spojovacím potrubím 10 v sérii zapojené plášťové priestory týchto výmenníkov, pričom výstup 13 z druhého tepelného výmenníka sa rozvetvuje na potrubie 14 refluxného toku, zapojené na etážovú rektifikačnú kolónu 2 a na odvodné potrubie 15 regenerovaného vodného roz-

toku formaldehydu, na medziplášťový priestor druhého tepelného výmenníka 9 je zapojené prídomné potrubie 12 demineralizovanej vody a na medziplášťový priestor prvého výmenníka 8 odvodné potrubie 16 nízkotlakkej pary.

Pokrok nového spôsobu oddeľovania formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu a nového zariadenia na jeho uskutočnenie spočíva vo vysokom využití tepla v procese rektifikačného odstránenia nezreagovaného formaldehydu pri súčasnom dosiahnutí vysokých výťažkov pentaerytritolu počítaných na privádzaný acetaldehyd a formaldehyd hlavne v dôsledku vysokej účinnosti regenerácie formaldehydu. Dôležitým prvkom je dosiahnutie primeranej doby expozície spracovávaných kvapalných i plyných zmesí pri vysokej teplote, dostatočnej na potrebný rozklad hemiformálov bez toho, aby dochádzalo k degradácii žiadaných produktov na prehriatych stenách výmenníkov.

Ďalším dôležitým prvkom je prídom priamej pary do spodu kolóny a správna voľba pomeru k privádzanému nástreku s ohľadom na použitý prebytok formaldehydu oproti stechiometrickej spotrebe, čo má významný pozitívny vplyv hlavne v tom prípade, keď treba znížiť obsah formaldehydu v odchádzajúcom reakčnom roztoku až na požadovanú hodnotu 0,01 % hmot., alebo nižšiu. Uvedená požiadavka hlbokého odstránenia nezreagovaného formaldehydu prináša ďalšie zvláštnosti v priebehu procesu, vyplývajúce zrejme z odlišného chovania sa neideálneho systému v oblasti veľmi nízkych koncentrácií jednej zložky. Spôsob a zariadenie podľa vynálezu riešia problémy odstraňovania nezreagovaného formaldehydu na požadovanú veľmi nízku hodnotu pri súčasnom zvyšovaní hospodárnosti výrobných operácií.

Ďalej uvádzané príklady podrobnejšie ilustrujú ako postup tak aj zariadenie, ale nevymedzujú všetky možnosti využitia vynálezu.

Pr í k l a d 1

Rektifikačné oddeľovanie nezreagovaného formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu sa uskutočňuje na zariadení schematicky znázornenom na priloženom obrázku. Pomocné zariadenia, čerpadlá, armatúry a regulačné prístroje nie sú v schéme znázornené.

Rektifikačné oddeľovanie formaldehydu sa uskutočňuje v zariadení pozostávajúcom z etážovej rektifikačnej kolóny 2, vybavenej ventilovými etážami s dvojzáťažovými záklopkami, opatrenej prídomom 1 nástreku, vyvarovacím zariadením 3, odvodným potrubím 6 roztoku zbaveného formaldehydu a prídomným potrubím 5 priamej pary pod najspodnejšou etážou 4 etážovej rektifikač-

nej kolóny 2. Vyvarovacie zariadenie 3 zostáva z dvoch vyvarovačov opatrených prírodným potrubím 17 vyhrievacej pary do medzirúrkového priestoru vyvarovačov. Pary obohatené formaldehydom sa odvádzajú z hlavy etážovej rektifikačnej kolóny 2 odvodným potrubím 7 pár destilátu do prvého tepelného výmenníka 8 na výrobu nízko tlakej pary a odtiaľ spojovacím potrubím 11 rúrkových priestorov do druhého tepelného výmenníka 9, pričom kondenzát odchádza výstupom 13 z druhého tepelného výmenníka, ktorý sa rozvetvuje na potrubie 14 refluxného toku a na odvodné potrubie 15 regenerovaného vodného roztoku formaldehydu, ktorý je odvádzaný na ďalšie použitie. Prírodným potrubím 12 demineralizovanej vody sa táto voda určená na výrobu pary privádza do druhého tepelného výmenníka 9 a odtiaľ spojovacím potrubím 10 do prvého tepelného výmenníka 8. Z neho sa odvodným potrubím 16 nízko tlakej pary 16 odvádzajú táto vodná para na ďalšie využitie.

Hlavné konštrukčné parametre etážovej rektifikačnej kolóny sú nasledujúce:

Vnútorňý priemer kolóny:	1,2 m
Počet etáží:	43
Dĺžka prepadovej priehradky:	0,682 m
Výška (prestaviteľná) prepadovej priehradky:	0,05 m
Plocha prepadu:	0,06 m ²
Počet záklopiek na etáži:	110
Priemer veľkej záklopky:	60 mm
Priemer malej záklopky:	40 mm

Prevážna časť tepla, potrebného na rektifikáciu sa dodáva vo vertikálnych varákoch, riešených s prirodzenou cirkuláciou s cirkulačným pomerom 10 : 1.

Prvý tepelný výmenník 8 je horizontálny rúrkový výmenník, zaplavený maximálne do 2/3 priemeru, s roztečou rúrok 1,5 krát väčšou ako vonkajší priemer rúrok. Druhý tepelný výmenník 9 je podobnej konštrukcie, ale úplne zaplavený.

Nástrek do kolóny tvorí zneutralizovaný reakčný roztok vo výrobe pentaerytritolu, s upraveným pH na hodnotu 4 až 4,5 v množstve 16 000 kg . h⁻¹. Privádza sa do kolóny pri teplote 143 °C, dosiahnutej predchádzajúcou tepelnou výmenou s odchádzajúcim prúdom zo spodu kolóny a dohriatím v parnom predohrievači (na schéme nezakreslené). Hmotnostný zlomok formaldehydu v nástreku je 0,076. Množstvo priamej pary, privádzanej pod najspodnejšiu etáž kolóny činí priemerne 6667 kg . h⁻¹. Množstvo pár odchádzajúcich z hlavy kolóny činí priemerne 13 933 kg . h⁻¹. Pary odchádzajúce z etážovej rektifikačnej kolóny majú teplotu 140 °C a obsahujú 18 % hmot. formaldehydu. Kondenzačné teplo odovzdávajú pri prechode prvým tepelným výmenníkom 8 pri tlaku 392,3 kPa v rúrkach o celkovom vnútornom priereze 0,0997 m².

Odchádzajúci kondenzát o teplote 130 °C sa vedie do druhého tepelného výmenníka 9, v ktorom sa ochladzuje na 100 °C, pričom sa protiprúdne privádzaná demineralizovaná voda ohreje na 111 °C. Kondenzát, obsahujúci 12 % hmot. formaldehydu, ochladený na 100 °C sa sčasti odvádzajú ako destilát v priemernom množstve 6667 kg . h⁻¹ na ďalšie využitie a druhá časť v množstve cca 7333 kg . h⁻¹ sa vracia späť do rektifikačnej kolóny ako reflux. Zo spodu odchádza pri tomto spôsobe roztok v prakticky rovnakom množstve ako je privádzaný nástrek, t. j. 16 000 kg . h⁻¹ s priemerným obsahom formaldehydu 0,015 % hmot. Z prvého tepelného výmenníka 8 odchádza vyrobená nasýtená vodná para o tlaku 147,1 kPa. Priemerné množstvo vyrobenej pary činí 12 000 kg . h⁻¹.

Príklad 2

Rektifikácia formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu sa uskutočňuje pri rovnakých tlakových a teplotných podmienkach a na rovnakom zariadení ako v príklade 1, ale s tým rozdielom, že je úplne zastavený prívod priamej pary do spodu rektifikačnej kolóny. V dôsledku toho všetko teplo, potrebné na rektifikáciu sa dodáva pomocou parných vyvarovačov. Pri tomto spôsobe vyvíjač nasýtenej pary pracuje rovnakým spôsobom a prakticky s rovnakou účinnosťou ako v príklade 1, ale zo spodu odchádza koncentrovanejšia vodná roztok pentaerytritolu v celkovom priemernom množstve 9333 kg . h⁻¹, pričom koncentrácia formaldehydu v tomto roztoku je vyššia ako v príklade 1 a činí priemerne 0,1714 % hmot. Zvýšená koncentrácia formaldehydu v odchádzajúcom roztoku má pozorovateľne negatívny vplyv na výťažok pentaerytritolu pri ďalšom spracovaní roztoku kryštalizáciou.

Príklad 3

Rektifikácia formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu sa uskutočňuje pri rovnakých tlakových a teplotných podmienkach a na rovnakom zariadení ako v príklade 1, až nato, že je úplne zastavený prívod do vyvarovacieho systému a všetko teplo, potrebné na rektifikáciu sa dodáva prídomom priamej pary v priemernom množstve 13 933 kg . h⁻¹. Pri tomto spôsobe účinnosť vyvíjača nasýtenej pary je prakticky rovnaká ako v príklade 1 a znateľne sa zvýši deliaca účinnosť kolóny. Účinné odstránenie voľného nezreagovaného formaldehydu i formaldehydu pravdepodobne vzniklého rozkladom vedľajších zlúčenín má pozitívny vplyv na zvýšenie výťažkov pentaerytritolu pri ďalšom spracovaní roztoku kryštalizáciou. Nevýhodou tohto spôsobu však je pomerne značné zriede-

nie roztoku, odchádzajúceho zo spodu kolóny, čo výkonove neúmerne zaťažuje následné separačné operácie.

Príklad 4

Pre porovnanie technického účinku sa rektifikácia formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu uskutočňuje podobným spôsobom a na rovnakom zariadení ako v príklade 1, s takou odlišnosťou, že pary odchádzajúce z hlavy kolóny majú teplotu 165 °C. Účinnosť regenerácie formaldehydu sa znížila v priemere o 8 až 12 percent.

Príklad 5

Rektifikácia formaldehydu z reakčného roztoku vo výrobe pentaerytritolu sa uskutočňuje za rovnakých tlakových a teplotných podmienok ako v príklade 1, pričom zariadenie pomocou odtokov je upravené tak, že pracuje len prvý tepelný výmenník 8. K tomu je prispôbené zaťaženie rektifikačnej kolóny. V takto modifikovanom zariadení dochádza k „vyhadzovaniu“ viacej vody vytváranými parami, var kvapaliny je nepravidelný a kolísanie tlaku prakticky znemožňuje použitie vyrobenej nasýtenej pary.

P R E D M E T V Y N Á L E Z U

1. Spôsob rektifikačného oddeľovania formaldehydu z reakčného roztoku z výroby pentaerytritolu reakciou formaldehydu s acetaldehydom v alkalickom prostredí po neutralizácii reakčného roztoku, zahrnujúci destiláciu s vodnou parou za zvýšeného tlaku, vyznačujúci sa tým, že časť pary potrebnej na rektifikáciu sa privádza pri tlaku 0,4 až 0,61 MPa do spodnej časti rektifikačnej kolóny, s výhodou pod najspodnejšiu etáž rektifikačnej kolóny, v množstve odpovedajúcom podielu 0,5 až 15 % z množstva do kolóny privádzaného nástreku reakčného roztoku po neutralizácii, pričom z rektifikačnej kolóny sa odvádza parná zmes pri teplote v rozmedzí 125 až 160 °C, s výhodou v rozmedzí 135 až 150 °C, do dvojstupňového teplozmenného systému, pričom z prvého stupňa tohto systému sa odvádza vodná para o tlaku 0,11 až 0,35 MPa, s výhodou 0,125 až 0,25 MPa a v druhom stupni sa znižuje teplota kondenzátu parnej zmesi z rektifikačnej kolóny na hodnotu 90 až 110 °C, s výhodou na 95 až 102 °C a po tomto ochladení sa časť vedie späť do rektifikačného systému, zvyšok sa vedie na ďalšie spracovanie a z vyvarovacieho systému sa odvádza reakčný roztok zbavený podstatnej časti formaldehydu.

2. Spôsob podľa bodu 1, vyznačujúci sa tým, že reakčný roztok sa odvádza z ukladňovacej časti vyvarovacieho systému, v ktorom sa prirodzenou cirkuláciou zabezpeču-

je cirkulačný pomer 10 až 25 : 1, vzhľadom k množstvu odvádzaného reakčného roztoku.

3. Zariadenie na uskutočňovanie spôsobu podľa vynálezu, pozostávajúce z rektifikačnej kolóny, tepelných výmenníkov, armatúr, vyznačujúce sa tým, že etážová rektifikačná kolóna (2) opatrená prívodom (1) nástreku je pod najspodnejšou etážou (4) opatrená prívodným potrubím (5) priamej pary a vyvarovacím zariadením (3), ktorého medzirúrkový priestor je spojený s prívodným potrubím (17) vyhrievacej pary, pričom vrchná časť etážovej rektifikačnej kolóny (2) je spojená odvodným potrubím (7) pár destilátu na prvý tepelný výmenník (8), s výhodou rúrkového typu, na ktorý je do série zapojený spojovacím potrubím (11) rúrkových priestorov druhý tepelný výmenník (9) a spojovacím potrubím (10) v sérii zapojené plášťové priestory týchto výmenníkov, pričom výstup (13) z druhého tepelného výmenníka sa rozvetvuje na potrubie (14) refluxného toku, zapojené na etážovú rektifikačnú kolónu (2) a na odvodné potrubie (15) regenerovaného vodného roztoku formaldehydu, na medziplášťový priestor druhého tepelného výmenníka (9) je zapojené prívodné potrubie (12) demineralizovanej vody a na medziplášťový priestor prvého výmenníka (8) odvodné potrubie (16) nízkotlakej pary.

