

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **230640**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414918**

(22) Data zgłoszenia: **24.11.2015**

(51) Int.Cl.

B01D 53/96 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

(54)

Urządzenie do regeneracji roztworów absorpcyjnych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

05.06.2017 BUP 12/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.11.2018 WUP 11/18

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT CIĘŻKIEJ SYNTEZY ORGANICZNEJ
BLACHOWNIA, Kędzierzyn-Koźle, PL
INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKI WĘGLA,
Zabrze, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW BUDNER, Kędzierzyn-Koźle, PL
JANUSZ DULA, Kędzierzyn-Koźle, PL
JAN WÓJCIK, Zalesie Śląskie, PL
ALEKSANDER SOBOLEWSKI, Zabrze, PL
LUCYNA WIĘCŁAW-SOLNY, Chorzów, PL
ADAM TATARCZUK, Zabrze, PL
ALEKSANDER KRÓTKI, Olza, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Renata Fiszer

PL 230640 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do regeneracji roztworów absorpcyjnych alkanoloamin w procesie usuwania ditlenku węgla z gazów procesowych, a zwłaszcza gazów procesowych powstałych w wyniku zgazowania węgla kamiennego lub brunatnego w ciągach technologicznych wytwarzania wodoru do syntezy amoniaku oraz gazu syntezowego do syntezy metanolu z jednoczesną poligeneracją i wykorzystaniem energetycznym wytworzonych w wyniku zgazowania węgla gazów procesowych.

W ciągach technologicznych i instalacjach wytwarzania gazów syntezowych, między innymi i w szczególności do syntezy amoniaku oraz do syntezy metanolu w procesach zgazowania węgla kamiennego i brunatnego, zawsze występują instalacje i bloki technologiczne, w których z gazów procesowych usuwa się ditlenek węgla, celem komponowania składu gazu syntezowego na przykład do syntezy metanolu lub usuwa się ditlenek węgla z gazów syntezowych, wodorowych z wytworzonego poprzez zgazowanie węgla, celem otrzymania gazu syntezowego lub czystego wodoru do syntezy amoniaku, przy czym procesy zgazowania, przetwórstwa, oczyszczania i komponowania gazów syntezowych kojarzy się zawsze z częścią energetyczną wykorzystania gazów procesowych do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej. W przypadku wytwarzania wodoru do syntezy amoniaku wymagane jest także uzyskanie w procesach technologicznych usuwania ditlenku węgla z gazów procesowych, czy tego ditlenku węgla do produkcji mocznika w instalacjach i ciągach produkcyjnych nawozów mineralnych.

Stosowane inne technologie absorpcyjne usuwania ditlenku węgla z gazów procesowych charakteryzują się wysokim zużyciem energii cieplnej związanym z regeneracją roztworów absorpcyjnych.

Rozwój technik wymiany ciepła pozwala obecnie uzyskiwać „niedorekuperację” ciepła na tak zwanym „zimnym końcu” wyspy wymienników ciepła na poziomie $5 \div 8$ K.

Znane są rozwiązania gdzie niewielki strumień nasyconego roztworu absorpcyjnego omija wyspę wymienników ciepła i jest kierowany na szczyt kolumny regeneracyjnej celem wykropienia pewnej ilości pary wodnej ze strumienia desorbowanego ditlenku węgla.

Znane są klasyczne rozwiązania technologiczne schematu usuwania ditlenku węgla głównie z gazów syntezowych do syntezy metanolu lub amoniaku, gdzie kolumna absorpcyjna jest zasilana na szczycie roztworem absorpcyjnym głęboko zregenerowanym, a w środkowej części roztworem średnio zregenerowanym. Nasycony roztwór absorpcyjny dzieli się na trzy strumienie, pierwszy strumień kieruje się z pominięciem wyspy głównych wymienników ciepła na szczyt regeneratora, drugi strumień ogrzewa się w wyspie wymienników ciepła i kieruje się do górnej części kolumny regeneracyjnej, trzeci strumień ogrzewa się i kieruje do środkowej części kolumny regeneracyjnej. Ze środkowej części kolumny regeneracyjnej odbiera się roztwór częściowo regenerowany, z dolnej części kolumny regeneracyjnej odbiera się roztwór głęboko regenerowany. Obydwa strumienie schładza się w wyspie wymienników ciepła i kieruje się do różnych punktów kolumny absorpcyjnej, roztwór głęboko zregenerowany na szczyt kolumny absorpcyjnej, roztwór średnio regenerowany do środkowej części kolumny absorpcyjnej. Wskutek różnych wartości różniczkowych i całkowych ciepła absorpcji ditlenku węgla, zmniejszających się wraz ze wzrostem stopnia karbonizacji roztworu absorpcyjnego, zmniejsza się istotnie zużycie ciepła związane z regeneracją roztworu, zwłaszcza w instalacjach usuwania ditlenku węgla z gazów syntezowych. W przypadku usuwania ditlenku węgla z gazów spalinowych zmniejszenie zużycia energii cieplnej jest mniejsze.

Patent US20112174782 opisuje metodę oczyszczania gazów spalinowych od CO_2 , z wykorzystaniem aparatury o zmniejszonych gabarytach. Podstawą wynalazku jest nowe rozwiązanie aparaturowe desorbera, gdzie aparat wyposażony jest w obrotowe dyski, w których znajdują się poziome kanałiki. Nasycona ciecz absorpcyjna podawana jest kanałem centralnym do kapilar od wewnętrznej części dysków, następnie wypychana jest siłą odśrodkową kanałami na zewnętrzną część dysku, gdzie w trakcie przemieszczania się cieczy w kapilarach następuje desorpcja CO_2 .

W patencie WO 99/62608 przedstawiono nowy typ regeneratora do procesu desorpcji gazów CO_2 oraz H_2S z roztworów absorpcyjnych. Przedstawiony regenerator jest konstrukcją obrotową, gdzie nasycony roztwór absorpcyjny podawany jest na wirujące talerze od góry regeneratora. Rozrzucony siłą odśrodkową częściowo regenerowany roztwór spływa poprzez przewężenia na kolejne talerze. Dodatkowo, w głównej osi regeneratora podawane jest medium grzewcze, które pozwala na podgrzanie wirujących dysków.

Firma Siemens zgłosiła serię patentów w których zaproponowano różne rozwiązania w układzie cyrkulacji cieczy i wymiany masy w procesie CO_2 z gazów spalinowych.

W patencie EP2105191 opisano rozwiązanie, w którym kolumna absorpcyjna i regenerator podzielono na dwie strefy, gdzie w pierwszej strefie całkowicie wysycony roztwór absorpcyjny jest przekazywany przez wymiennik ciepła do regeneratora, gdzie zostaje częściowo zregenerowany. Częściowo zregenerowany strumień absorpcyjny podawany jest na kolumnę absorpcyjną w miejscu gdzie stopień wysycenia odpowiada częściowa wysyconemu roztworowi absorpcyjnemu. Natomiast z dołu kolumny regeneracyjnej odbierany jest w pełni zregenerowany roztwór absorpcyjny, który z kolei podawany jest na górę kolumny absorpcyjnej. Jest to rozwiązanie odpowiadające schematowi realizacji procesu z rozdzielonymi strumieniami.

W patencie EP2105190 proces oczyszczania gazów spalinowych podzielono na dwa osobne obiegi roztworów absorpcyjnych, gdzie w pierwszym obiegu gazy spalinowe są częściowo oczyszczane z CO₂, natomiast w drugim obiegu następuje pełne usunięcie CO₂ z gazów spalinowych. Desorpcja CO₂ wymuszona jest poprzez wzrost temperatury roztworu w regeneratorach.

W patencie EP2105188 firma Siemens przedstawiła rozwiązanie, gdzie absorpcja CO₂ z gazów spalinowych zachodzi w klasycznej kolumnie absorpcyjnej, natomiast regeneracja odbywa się poprzez zastosowanie dwóch osobnych regeneratorów, gdzie w pierwszym zachodzi częściowa desorpcja CO₂ natomiast w drugim – całkowita. Oba regeneratory ogrzewane są parą przy czym regenerator pierwszy, parą niskotemperaturową o temperaturze 60–120°C, a drugi parą wysokotemperaturową, o temperaturze powyżej 120°C.

W patencie EP2105187 przedstawiono sposób usuwania CO₂, gdzie roztwór absorpcyjny po nasyceniu dzielony jest na dwa równe strumienie i jest wprowadzany do regeneratorów w celu desorpcji CO₂. Strumień opuszczający absorber wymienia ciepło ze strumieniem zregenerowanym kierowanym do górnej części absorbera. Regeneratory wymieniają ciepło między sobą w taki sposób, że strumień opuszczający pierwszy regenerator oddaje ciepło strumieniowi wprowadzanemu do drugiego regeneratora.

W celu wyrównania stopnia desorpcji wynikającego z zależności stopnia nasycenia od temperatury pierwszy regenerator pracuje pod niższym ciśnieniem niż regenerator drugi.

W patencie WO2009/127440 przedstawiono metodę oraz urządzenie przeznaczone do separacji ditlenku węgla z gazów, roztworów, materiałów stałych oraz szlamu. Patent opisuje proces absorpcji i desorpcji, gdzie najważniejszą częścią urządzenia jest regenerator ultradźwiękowy. Zastosowanie źródła ultradźwięków pozwala na obniżenie temperatury regeneracji do 40–80°C i przyspieszenie procesu desorpcji CO₂.

W japońskim patencie JP5146638 opisano regenerator skonstruowany z płyt ułożonych schodkowo w sposób radialny. Regenerator ogrzewany jest elektrycznie, gdzie grzałki ogrzewają każdą półkę z osobna. Rozwiązanie to pozwala na uniknięcie różnic temperatur w przepływającym mediach, gdzie spadek temperatury obniża wydajność regeneracji roztworu absorpcyjnego.

Z przedstawionego stanu wiedzy, opisów patentowych wynika, iż znanych jest wiele rozwiązań problemu zmniejszania energochłonności procesu desorpcji ditlenku węgla z roztworów absorpcyjnych. Znane rozwiązania technologii myć aminowych z zastosowaniem roztworów alkanoloamin nie spełniają jednak wymagań ekonomicznych, niskoenergetycznego, ekonomicznie uzasadnionego sposobu regeneracji roztworów absorpcyjnych pozwalającego na realizację procesu w dużej skali przemysłowej. Istnieje zatem potrzeba opracowania nowego sposobu regeneracji roztworów absorpcyjnych alkanoloamin w procesie usuwania ditlenku węgla z gazów spalinowych bloków energetycznych dużej mocy.

W polskim zgłoszeniu P.413674 przedstawiono proces, w którym nasycony ditlenkiem węgla roztwór absorpcyjny zawierający alkanoloaminy dzieli się na dwa strumienie, pierwszy strumień roztworu absorpcyjnego wprowadza się do górnej części diabatyicznego regeneratora rekuperatora, a drugą część roztworu absorpcyjnego ogrzewa się w wymienniku ciepła, ciepłem częściowo schłodzonego, zregenerowanego roztworu absorpcyjnego i wprowadza się do diabatyicznego regeneratora rekuperatora poniżej punktu wprowadzenia pierwszego strumienia, na półki zawierające zabudowane wymienniki ciepła, w których przepływa i schładza się zregenerowany roztwór absorpcyjny i gdzie wykonuje się diabatyiczny proces desorpcji ditlenku węgla poprzez krzyżowo-przeciwprądowe przepływy ogrzewanie zregenerowanego roztworu absorpcyjnego przepływającego na półkach, przy pomocy schłodzonego w wymiennikach ciepła, zregenerowanego roztworu absorpcyjnego i poprzez bezprzeponowe bezpośrednie ogrzewanie zregenerowanego roztworu absorpcyjnego i desorpcję ditlenku węgla w strumieniu mieszaniny pary wodnej i ditlenku węgla przepływającej z dolnej części regeneratora, a końcową regenerację roztworu absorpcyjnego wykonuje się w dolnej części diabatyicznego regeneratora rekuperatora poprzez ogrzewanie roztworu i desorpcję ditlenku węgla w strumieniu pary wodnej wytworzonej

w wyparce regeneratora rekuperatora, a zregenerowany roztwór absorpcyjny odbiera się z dołu regeneratora i prowadzi się w przeciwnym kierunku do przepływu regenerowanego roztworu absorpcyjnego w regeneratorze poprzez wymienniki ciepła umieszczone na poszczególnych półkach części diabatyckiej regeneratora rekuperatora i schładza się zregenerowany roztwór absorpcyjny w tych wymiennikach ciepła i schładza się zregenerowany roztwór absorpcyjny w zewnętrznym wymienniku ciepła, gdzie podgrzewa się wstępnie część strumienia roztworu absorpcyjnego, nasyconego ditlenkiem węgla.

Celem wynalazku było opracowanie urządzenia do prowadzenia niskoenergetycznego, ekonomicznie uzasadnionego procesu regeneracji roztworów absorpcyjnych alkanoloamin w procesie usuwania ditlenku węgla z gazów procesowych.

Okazało się, że urządzenie zawierające regeneratorekuperator, wyparkę, pompę roztworu głęboko zregenerowanego, pompę roztworu częściowo zregenerowanego, chłodnicę skraplacz wody ze strumienia czystego ditlenku węgla, chłodnicę skraplacz wody ze strumienia zanieczyszczonego ditlenku węgla, separatory kondensatów wodnych, pompę kondensatu wodnego, przy czym dolna część kolumny regeneratora rekuperatora jest zabudowana półkami i/lub wypełnieniami, a górną część kolumny posiada półki, na których zainstalowane są wymienniki ciepła dla linii roztworu głęboko zregenerowanego i wymienniki dla linii roztworu częściowo zregenerowanego umożliwia niskoenergetyczną i ekonomiczną regenerację roztworów absorpcyjnych alkanoloamin.

Urządzenie według wynalazku zawiera regeneratorekuperator **1**, wyparkę **2**, pompę roztworu głęboko zregenerowanego **3**, pompę roztworu częściowo zregenerowanego **4**, chłodnicę skraplacz **5** wody ze strumienia czystego ditlenku węgla, chłodnicę skraplacz **6** wody ze strumienia zanieczyszczonego ditlenku węgla, separatory kondensatów wodnych **7** i **8**, pompę kondensatu wodnego **9**, przy czym dolna część **11** regeneratora rekuperatora **1** jest zabudowana półkami i/lub wypełnieniami **12**, i posiada półkę rozdzielającą wyparki **13** oraz półkę rozdzielającą roztworu częściowo zregenerowanego **14**, a górna część regeneratora rekuperatora **19** posiada półki **15**, na których zainstalowane są wymienniki ciepła **16** dla linii roztworu głęboko zregenerowanego i wymienniki **17** dla linii roztworu częściowo zregenerowanego oraz półki z wysokimi przelewami **18**.

Wielkości przepływów poszczególnych strumieni masy i ciepła w obrębie diabatyckiej części regeneratorekuperatora ustala się tak, aby średnia różnica temperatur pomiędzy strumieniami częściowo i głęboko regenerowanego roztworu absorpcyjnego, przyływających przez poszczególne linie wymienników ciepła i wymienniki ciepła zabudowane na półkach a cieczą znajdującą się na tych półkach, na każdej półce strefy diabatyckiej regeneratorekuperatora nie była większa niż 10 K.

Strumień roztworu absorpcyjnego, częściowo regenerowanego odpływającego ze strefy diabatyckiej regeneratorekuperatora dzieli się na dwa strumienie, pierwszy stanowiący od 60% do 75% całego strumienia odprowadzony z regeneratorekuperatora do kolumny absorpcyjnej jako schłodzony roztwór częściowo zregenerowany, a pozostały strumień odprowadzony jako schłodzony roztwór głęboko zregenerowany.

Proces diabatyckiej regeneracji roztworu absorpcyjnego w strefie diabatyckiej regeneratorekuperatora prowadzi się tak, by średnia różnica temperatur pomiędzy strumieniami częściowo i głęboko zregenerowanego roztworu absorpcyjnego przepływającego przez wymienniki ciepła, dla głęboko regenerowanego roztworu i przez wymienniki ciepła dla częściowo regenerowanego roztworu absorpcyjnego; umieszczone na półkach, a cieczą znajdującą się na półkach i na każdej półce strefy diabatyckiej regeneratorekuperatora nie była wyższa niż 10 K.

W urządzeniu według wynalazku roztwór częściowo zregenerowany dopływający z górnej części regeneratorekuperatora **19**, na półkę rozdzielającą **14**, jest dzielony na dwa strumienie, z których pierwszy, stanowiący od 60% do 75% całego strumienia pompą **4** tłoczy się do linii wymienników **17**, umieszczonych na półkach **15** i odprowadza się jako roztwór częściowo regenerowany do kolumny absorpcyjnej, a pozostały strumień regenerowanego roztworu doprowadza się z półki rozdzielającej **14** do dolnej części regeneratorekuperatora **1** i jako roztwór głęboko regenerowany pompą **3** poprzez wymienniki ciepła **16** umieszczone na półkach **15**, dolnej części **11** regeneratorekuperatora **1** odprowadza się do kolumny absorpcyjnej.

Taki podział strumieni jest optymalny pod względem minimalizacji zużycia energii cieplnej w procesie diabatyckiej regeneracji i wynika z warunków termodynamicznych realizacji procesu regeneracji, diabatyckiej w górnej części regeneratorekuperatora i adiabatycznej w dolnej części regeneratorekuperatora dla większości typowych kompozycji roztworów wodnych alkanoloamin.

Urządzenie według wynalazku przedstawia rysunek.

Nasycony ditlenkiem węgla roztwór absorpcyjny z kolumny absorpcyjnej wprowadza się bezpośrednio do górnej części **19** diabatycznego regeneratora-rekuperatora **1** na półki z wysokimi przelewami **18** i następnie roztwór absorpcyjny kieruje się przelewami na półki **15**, na których zainstalowane są wymienniki ciepła **16** dla linii roztworu głęboko regenerowanego i wymienniki ciepła **17** dla linii roztworu częściowo regenerowanego. Roztwór przepływa z góry do dołu poprzez kolejne półki w przepływie krzyżowo-przeciwprądowym do strumienia mieszaniny gazowo-parowej, pary wodnej i ditlenku węgla. Diabatyczna desorpcja ditlenku węgla i regeneracja roztworu absorpcyjnego następuje wskutek przeponowego ogrzewania roztworu absorpcyjnego przepływającego i znajdującego się na półkach, ciepłem oddawanym od schłodzonego w wymiennikach **17** roztworu częściowo zregenerowanego i ciepłem oddawanym od schłodzonego w wymiennikach **16** roztworu głęboko zregenerowanego oraz poprzez bezprzeponowe ogrzewanie roztworu absorpcyjnego i poprzez bezprzeponowe ogrzewanie roztworu znajdującego się na półkach **15**. Częściowo zregenerowany roztwór absorpcyjny spływa na półkę rozdzielającą **14**, gdzie dzieli się na dwa strumienie. Pierwszy strumień stanowiący od 50% do 70% całego strumienia regenerowanego roztworu przepływa do pompy roztworu częściowo regenerowanego **4** i poprzez linię wymienników ciepła **17**, zainstalowanych na półkach **15** diabatycznej części regeneratora-rekuperatora **1**, gdzie ulega schłodzeniu odprowadzany jest jako roztwór częściowo zregenerowany do kolumny absorpcyjnej. Drugi strumień częściowo zregenerowanego roztworu absorpcyjnego doprowadza się do dolnej części **11** regeneratora-rekuperatora **1**, zawierającego półki i/lub wypełnienia **12**, gdzie w adiabatycznym procesie następuje głęboka regeneracja roztworu absorpcyjnego. Do dolnej części regeneratora-rekuperatora **11** doprowadza się parę wodną wytworzoną w wyparce **2**, połączonej z regeneratorem-rekuperatorem **1**. Głęboko zregenerowany roztwór absorpcyjny odprowadza się przez regeneratora-rekuperatora pompą roztworu głęboko regenerowanego **3**, poprzez linię wymienników ciepła **16** znajdujących się na półkach **15**, górnej **19** diabatycznej części regeneratora-rekuperatora **1**, gdzie następuje schładzanie strumienia roztworu głęboko zregenerowanego. Schłodzony roztwór absorpcyjny odprowadzany jest do kolumny absorpcyjnej. Mieszaninę czystego ditlenku węgla z parą wodną kieruje się do chłodnicy **5** gdzie następuje schłodzenie i wykroplenie wody. Mieszanina kieruje się do separatora **8**, oddzielony kondensat wody spływa do dołu regeneratora-rekuperatora. Czysty ditlenek węgla wyprowadzony jest z urządzenia. Mieszaninę zanieczyszczoną gazami inertnymi ditlenku węgla i pary wodnej odprowadza się do chłodnicy skraplacza **6**, gdzie następuje schłodzenie i wykraplanie wody. Mieszanina przepływa do separatora **7**. Kondensat pary wodnej tłoczy się pompą **9** i dzieli się na dwa strumienie. Pierwszy strumień doprowadzony jest na najwyższą półkę **18** górnej części **19** regeneratora-rekuperatora, drugi strumień doprowadzony jest do kolumny absorpcyjnej.

P r z y k ł a d

Gaz wodorowy na instalacji pilotowej mycia aminowego 22 ÷ 28%-owym wagowo roztworem monoetanolaminy oczyszcza się od ditlenku węgla do zawartości poniżej 20 ppm objętościowych CO₂. Roztwór absorpcyjny monoetanolaminy nasycony ditlenkiem węgla regeneruje się w urządzeniu przedstawionym na rysunku i zawraca się do kolumny absorpcyjnej.

Regenerator-rekuperator **1** o średnicy w górnej części 500 mm, o średnicy w dolnej części 400 mm, zawiera w dolnej części **11** 10 półek sitowych przelewowych **12**, a w górnej części **19** regeneratora-rekuperator **1** posiada **23** półki sitowe przelewowe **15** z rozmieszczonymi na tych półkach wymiennikami ciepła **16** o powierzchni 4 m² oraz zawiera 6 półek kołpakowych **18** w górnej części regeneratora.

Regenerator-rekuperator **1** jest zasilany nasyconym roztworem absorpcyjnym o stopniu karbonizacji 0,65 mol CO₂/mol MEA w ilości od 6,0 do 8,0 m³/h i o temperaturze 330 ÷ 340 K. W górnej, diabatycznej części regeneratora-rekuperatora roztwór absorpcyjny regeneruje się do stopnia karbonizacji na poziomie 0,32 mol CO₂/mol MEA. Strumień częściowo regenerowanego roztworu w ilości 65% całego strumienia roztworu doprowadzonego do regeneratora-rekuperatora i o temperaturze 393 ÷ 396 K, tłoczy pompa **4** przez linię wymienników ciepła **17** do kolumny absorpcyjnej. Pozostały strumień częściowo regenerowanego roztworu absorpcyjnego kieruje się do dolnej, diabatycznej części regeneratora-rekuperatora, gdzie następuje głęboka regeneracja roztworu absorpcyjnego do uzyskania stopnia regeneracji roztworu równego 0,12 mol CO₂/mol MEA. Głęboko regenerowany roztwór absorpcyjny o temperaturze 400 ÷ 405 K tłoczy się pompą **3** poprzez linię wymienników ciepła **16** dla roztworu głęboko regenerowanego i odprowadza do kolumny absorpcyjnej.

Zastrzeżenie patentowe

1. Urządzenie do regeneracji roztworów absorpcyjnych, **znamiennie tym**, że zawiera regenera-
tor-rekuperator (1), wyparkę (2), pompę roztworu głęboko zregenerowanego (3), pompę roz-
tworu częściowo zregenerowanego (4), chłodnicę skraplacz (5) wody ze strumienia czystego
ditlenku węgla, chłodnicę skraplacz (6) wody ze strumienia zanieczyszczonego ditlenku wę-
gla, separatory kondensatów wodnych (7) i (8), pompę kondensatu wodnego (9), przy czym
dolna część (11) regeneratora rekuperatora (1) jest zabudowana półkami i/lub wypełnie-
niami (12), i posiada półkę rozdzielającą wyparki (13) oraz półkę rozdzielającą roztworu czę-
ściowo zregenerowanego (14), a górna część regeneratora rekuperatora (19) posiada półki (15),
na których zainstalowane są wymienniki ciepła (16) dla linii roztworu głęboko zregenerowa-
nego i wymienniki (17) dla linii roztworu częściowo zregenerowanego oraz półki z wysokimi
przelewami (18).

Rysunek

