



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0613500-5 A2**

(22) Data de Depósito: 27/06/2006
(43) Data da Publicação: 11/01/2011
(RPI 2088)



★ B R P I 0 6 1 3 5 0 0 A 2 ★

(51) *Int.Cl.:*
C07C 17/02
C07C 19/045
F28D 5/00

(54) Título: **MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA A UTILIZAÇÃO DO CALOR DA REAÇÃO ENVOLVIDO NA PREPARAÇÃO DE 1,2-DICLOROETANO**

(30) Prioridade Unionista: 28/06/2005 DE 10 2005 030 511.3, 28/06/2005 DE 10 2005 030 512.1, 15/09/2005 DE 10 2005 044 177.7, 15/09/2005 DE 10 2005 044 177.7, 15/09/2005 DE 10 2005 044 177.7

(73) Titular(es): UHDE GMBH

(72) Inventor(es): MICHAEL BENJE, PETER KAMMERHOFER, SVEN PETERSEN

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

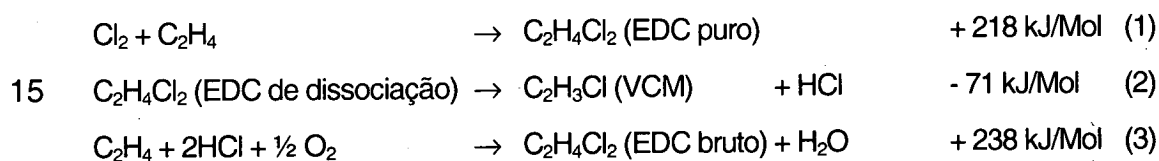
(86) Pedido Internacional: PCT EP2006006163 de 27/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/000304 de 04/01/2007

(57) Resumo: MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA A UTILIZAÇÃO DO CALOR DA REAÇÃO ENVOLVIDO NA PREPARAÇÃO DE 1,2-DICLOROETANO. Método de utilização do calor da reação da preparação de 1,2-dicloroetano a partir de eteno e cloro em um reator de cloração direta, com o cloro sendo produzido em uma eletrólise de cloreto de sódio, em que pelo menos parte do calor da reação na formação do 1,2-dicloroetano no reator de cloração direta é utilizado para a evaporação do NaOH produzido como subproduto na eletrólise de NaCl para a preparação do cloro necessário para a obração direta e um aparelho para realizar o método, compreendendo um trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas, o qual tem 2 partes de tubo fixos e uma parte no fundo de NaOH e é configurado de modo que a solução de hidróxido de sódio é para ser convertida no interior dos tubos e o 1,2-dicloroetano é para ser convertido no lado externo dos tubos, e também tendo meios para introduzir e distribuir a solução de hidróxido de sódio para o interior dos tubos.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA A UTILIZAÇÃO DO CALOR DA REAÇÃO ENVOLVIDO NA PREPARAÇÃO DE 1,2-DICLOROETANO".

A presente invenção refere-se a um método e a um aparelho para a utilização do calor de reação desenvolvido na preparação de 1,2-dicloroetano, a partir deste ponto referido como EDC. O EDC serve predominantemente como um intermediário na preparação de cloreto de vinila monomérico, a partir deste ponto referido como VCM, a partir do qual cloreto de polivinila, PVC, é finalmente preparado. A conversão de EDC em VCM forma cloreto de hidrogênio HCl. O EDC, portanto, preferencialmente, é preparado a partir de eteno C_2H_4 e cloro Cl_2 , de modo que um equilíbrio seja obtido entre o cloreto de hidrogênio HCl produzido e consumido nas reações, de acordo com as equações de reação a seguir:



O processo para preparação de VCM tendo um equilíbrio de H-Cl, a partir deste ponto referido como "processo de VCM equilibrado", para resumir, compreende:

- 20 • uma cloração direta na qual uma parte do EDC requerido é produzida a partir de eteno C_2H_4 e cloro Cl_2 e é passada como EDC puro; a utilização do calor de reação produzido nesta cloração direta é um aspecto central da invenção;
- uma oxicloração, na qual a outra parte do EDC é produzida a partir de eteno C_2H_4 , cloreto de hidrogênio HCl e oxigênio O_2 , e é passada como um EDC bruto;
- 25 • uma purificação de EDC de fracionamento, na qual o EDC bruto em conjunto com o EDC de recirculação recirculado a partir do fracionamento de VCM é liberado dos subprodutos formados na oxicloração e na pirólise de EDC, de modo a se obter um EDC de alimentação adequado para uso na
- 30 EDC, de modo a se obter um EDC de alimentação adequado para uso na pirólise de EDC; a utilização do calor de reação da cloração direta na purificação de EDC é um aspecto central da invenção;

- uma pirólise de EDC, na qual o EDC puro é combinado com o EDC de alimentação e na qual a mistura então conhecida como EDC de dissociação é termicamente dissociada; o gás de dissociação obtido contém VCM, cloreto de hidrogênio HCl e EDC não reagido e também subprodutos;
- 5 • um fracionamento de EDC, no qual o VCM puro desejado como produto é separado do gás de dissociação e os outros constituintes de gás de dissociação significativos cloreto de hidrogênio HCl e EDC não reagido são separadamente recuperados como materiais de valor e são recirculados como alimentação reusável na forma de HCl de recirculação ou EDC de recirculação
- 10 ção no processo de VCM equilibrado.

As plantas as quais servem para a preparação de EDC puro e não operam de acordo com o processo de VCM equilibrado usualmente são designadas como clorações diretas puras, as quais operam apenas de acordo com a equação (1). A invenção, da mesma forma, se refere a plantas as

15 quais são projetadas de acordo com o processo de VCM equilibrado e também àquelas as quais têm apenas uma cloração direta, e a formas mistas dos dois tipos.

O cloro Cl_2 requerido na cloração direta usualmente é produzido a partir de cloreto de sódio NaCl em uma planta de eletrólise. Hidróxido de

20 sódio NaOH tendo uma concentração de em torno de 33% é formado aqui como um co-produto. Devido à alta toxicidade do cloro Cl_2 produzido, são feitos esforços para evitação do transporte por longas distâncias, se possível. Por esta razão, uma planta para a cloração direta de etileno C_2H_4 , na qual o cloro Cl_2 é diretamente processado ainda está localizada, usualmente,

25 na vizinhança imediata de uma planta para preparação de hidróxido de sódio NaOH e cloro Cl_2 .

A planta para cloração direta de etileno não tem que estar presente em uma instalação integrada, mas pode produzir EDC em uma "operação independente", com a "forma de transporte" relativamente não perigosa do cloro sendo transportada para outros locais, de modo a ser processada no VCM ali. O EDC preparado pelo processo descrito, por exemplo, na

30 WO 01/34542 A2, em particular, é tão puro que não requer uma série de o-

perações de manipulação adicionais por destilação. Por esta razão, quando uma planta como essa é operada no "modo independente", não há mais a oportunidade de recuperar calor por meio de aquecimento em coluna de colunas de destilação de EDC, por exemplo, aquelas as quais estavam presentes na instalação integrada para o "processo de VCM equilibrado", o qual é constituído por cloração direta, oxicloração e dissociação de EDC.

Nesta configuração, o calor considerável de reação, portanto, tem que ser removido por meio de grandes quantidades de água de resfriamento e/ou resfriadores a ar, mas cada um destes é indesejável por razões econômicas. Portanto, é um objetivo da invenção passar o calor desenvolvido na cloração direta para um uso e para obtenção de uma redução significativa na exigência de água de resfriamento.

Se a cloração direta for usada em um processo de VCM equilibrado, tem que ser levado em consideração que os componentes secundários formados no gás de dissociação na pirólise de EDC reduzem a pureza de produto do VCM. A purificação do VCM pela remoção dos componentes secundários, assim sendo, é complicada. Um EDC de dissociação, o qual foi grandemente liberado de impurezas, portanto, é usado na pirólise de EDC. Para o grande número de técnicas por meio das quais os subprodutos correspondentes e desvantajosos e/ou os componentes secundários podem ser evitados ou, se apropriado, removidos, uma referência pode ser feita, de novo, ao documento WO 01/34542 A2, em particular à técnica anterior reconhecida ali. Foi possível ser mostrado aqui que o calor de reação liberado no processo de cloração direta por uma reação de eteno C_2H_4 e cloro Cl_2 para a formação de EDC líquido é suficiente para operação de colunas de purificação para o EDC produzido no processo de VCM equilibrado.

Contudo, uma desvantagem do processo apresentado ali é que a utilização do calor presente no EDC pode ocorrer apenas em temperaturas relativamente altas, isto é, predominantemente acima de em torno de 100 °C. Embora a operação dos aparelhos para purificação do EDC possa ser obtida por meio do calor desenvolvido apenas, o resfriamento adicional do EDC produzido, por exemplo, para uso posterior, ainda tem que ser realiza-

do por meio de água de resfriamento, pelo que grandes quantidades de água de resfriamento ainda são requeridas.

5 Uma desvantagem adicional do processo apresentado ali é que o calor de reação usado para aquecimento das colunas de purificação requer a remoção de uma quantidade correspondente de calor de condensação do vapor. Esta remoção, de acordo com o estado convencional da técnica, usualmente, da mesma forma, é obtida por meio de água de resfriamento, a qual tem que ser provida em grandes quantidades.

10 Portanto, é um objetivo adicional da invenção obter uma otimização adicional da utilização do calor desenvolvido do processo de VCM equilibrado, em particular a cloração direta, para a obtenção de uma redução significativa na exigência de água de resfriamento total.

15 A invenção atinge este objetivo pela utilização de pelo menos parte do calor de reação da formação de 1,2-dicloroetano no reator de cloração direta para a evaporação de NaOH produzido como co-produto na eletrólise de NaCl para a preparação do cloro requerido para a cloração direta.

20 Especialmente em regiões remotas, os custos de transporte para transporte do hidróxido de sódio NaOH produzido na eletrólise de NaCl tem um papel importante. Estes custos de transporte podem ser reduzidos significativamente, se a solução de hidróxido de sódio produzida a uma concentração de em torno de 33% for evaporada para 50%. Uma planta como essa para a evaporação de hidróxido de sódio NaOH pode ser operada, por exemplo, sob uma pressão reduzida a uma pressão absoluta de 133 mbar (13,3 kPa) e a uma temperatura de 60 °C. A evaporação naturalmente também pode ser realizada a partir de outras concentrações além de 33% a outras concentrações além de 50%, dependendo do que é desejado pelo consumidor e da quantidade de calor desenvolvido.

30 O calor de reação o qual é liberado na cloração direta pode ser usado de várias formas para a evaporação do hidróxido de sódio. As modalidades a seguir do método podem ser combinadas prontamente e permitem grande flexibilidade na combinação da utilização de calor em plantas existentes e também no caso de plantas recém-projetadas.

Em uma modalidade da invenção, pelo menos parte do calor de condensação do vapor de EDC retirado da cloração direta é usada para a evaporação do hidróxido de sódio produzido. Uma modalidade como essa é vantajosa especialmente quando uma cloração direta em uma "operação independente" é usada ou se a purificação por destilação do EDC produzido no processo de VCM equilibrado não puder assumir o calor inteiro de reação tornado disponível desta forma. Neste caso, um vapor de EDC do topo do reator de cloração direta é usado para aquecimento, por meio de seu calor de condensação, do exterior de tubos de evaporador, os quais podem ser configurados como tubos de evaporador de filme descendente e nos quais hidróxido de sódio é evaporado. O condensado composto por EDC puro também pode servir para a evaporação de hidróxido de sódio com um resfriamento adicional em um trocador de calor adicional, por exemplo, um trocador de tubo de conectar.

Em uma modalidade adicional da invenção, o calor sensível de uma corrente de recirculação de EDC líquido tirada do reator, da mesma forma, é usado para a evaporação de hidróxido de sódio. Quando isto é combinado com outras correntes, as quais removem calor de reação, deve-se ter cuidado para garantir que o EDC contendo catalisador, o qual é para ser recirculado para o circuito de reator do reator de cloração direta não seja misturado com EDC puro, o qual é para ser descarregado do processo como um produto.

Em uma modalidade adicional da invenção, o EDC produzido, o qual é retirado em forma gasosa ou líquida do reator para a cloração direta, é primeiramente utilizado para um aquecimento indireto de colunas de purificação e apenas após o EDC ter transferido parte de sua energia térmica ali a uma temperatura relativamente alta ele é passado para uma transferência adicional de energia na evaporação de hidróxido de sódio, onde ele transfere energia térmica a uma temperatura mais baixa para o hidróxido de sódio em uma troca de calor indireta. Se um processo de VCM equilibrado for usado para a preparação de EDC e VCM, as colunas de purificação requeridas para esta finalidade preferencialmente poderão ser aquecidas, antes do calor

remanescente de reação ser utilizado para a evaporação de hidróxido de sódio.

Modalidades adicionais da invenção fazem uso do fato que o mesmo calor de reação, o qual é introduzido no aquecimento indireto de colunas de purificação, ter que ser removido de novo na condensação subsequente do vapor a partir destas mesmas colunas de purificação, de modo que ele apenas, por assim dizer, passe através da coluna de purificação e seja no processo termodinamicamente desvalorizado. Contudo, uma parte considerável deste calor de reação passando através da coluna ainda pode, apesar de uma temperatura reduzida, da mesma forma, ser usado para evaporação de hidróxido de sódio.

Assim, em uma modalidade adicional da invenção, o vapor contendo EDC a partir de uma coluna de destilação para remoção de componentes os quais têm um ponto de ebulição mais alto do que aquele de EDC são usados para a evaporação de hidróxido de sódio. Uma coluna de destilação como essa, como uma coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação, é uma parte costumeira do processo de VCM equilibrado. Não é para confundir com a coluna de vácuo, a qual se segue à coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação e cuja temperatura no topo não seria suficientemente alta para o uso de acordo com a invenção.

Em uma modalidade adicional da invenção, o vapor contendo água a partir de uma coluna de destilação para remoção de água e componentes tendo um ponto de ebulição mais baixo do que aquele de 1,2-dicloroetano, da mesma forma, é usado para a evaporação de hidróxido de sódio. Uma coluna de destilação como essa, como uma coluna de solvente acelerador de taxa de evaporação, é uma parte costumeira do processo de VCM equilibrado.

Os processos nos quais o EDC produzido na cloração direta é tirado em forma de vapor e é a partir dali introduzido diretamente em uma destilação também são conhecidos; uma cloração direta deste tipo é descrita, por exemplo, na US 4.873.384. O reator de cloração direta neste caso simultaneamente forma a caldeira de fundo da coluna de purificação subse-

quente ou integra esta no fundo da coluna de purificação em si. O calor desta reação, desta forma, passa através da coluna de destilação adjunta e é obtido para remoção na condensação do vapor. Em uma modalidade da invenção, pelo menos parte do calor de condensação do vapor obtido na purificação por destilação de EDC produzido a partir de eteno e cloro em um reator de cloração direta é usada para a evaporação do hidróxido de sódio produzido.

Outras modalidades da invenção concernem aos aparelhos usados para a transferência de energia térmica do EDC para o hidróxido de sódio NaOH a ser evaporado. É feito uso aqui, principalmente, de um trocador de calor de casca e tubo vertical, preferencialmente um evaporador de filme descendente, tendo duas placas de tubo fixas e uma parte de fundo de NaOH na qual o hidróxido de sódio NaOH é convertido no interior dos tubos a partir do topo para baixo e o meio de transferência de calor, isto é, EDC ou vapor de colunas de destilação, é transportado em torno do exterior dos tubos.

Se EDC gasoso ou vapor de colunas de destilação for usado na evaporação de hidróxido de sódio, a transferência de calor no aparelho de casca e tubo ocorrerá em co-corrente. O vapor de EDC introduzido no topo do aparelho de casca e tubo se condensa durante uma passagem através do aparelho e pode ser retirado em forma líquida no fundo.

Se EDC líquido for usado na evaporação de hidróxido de sódio, a transferência de calor poderá ser efetuada no aparelho de casca e tubo, mas, então, vantajosamente, em contracorrente, ou por meio de um feixe conectado de tubos de trocador de calor no líquido de hidróxido de sódio ou por meio de um trocador de calor o qual esteja localizado fora do líquido de hidróxido de sódio e seja operado no modo de circulação, por exemplo, do tipo de caldeira.

Todos os métodos descritos acima também podem ser empregados de forma aditiva ou em combinação. Se o aparelho de casca e tubo acima for para ser operado com vapor de EDC e com EDC líquido, o aparelho de casca e tubo poderá ser dividido horizontalmente. Obviamente, tem

que ser assegurado que as correntes individuais de vapor de colunas de destilação diferentes não sejam capazes de se tornarem misturadas umas com as outras.

5 A evaporação de hidróxido de sódio usualmente é realizada em plantas de evaporação de estágio múltiplo, as quais compreendem, por exemplo, uma pluralidade de aparelhos de evaporação conectados em série. As medidas de acordo com a invenção descritas aqui podem ser aplicadas, portanto, separadamente a estágios diferentes ou aparelhos de evaporação de uma planta como essa. Assim, por exemplo, um estágio pode ser aquecido por meio de EDC gasoso, enquanto um outro estágio é aquecido por
10 meio de EDC líquido. Contudo, as medidas de acordo com a invenção também podem ser usadas apenas em um estágio ou simultaneamente em uma pluralidade de estágios de uma planta de estágio múltiplo para a evaporação de hidróxido de sódio. Também é possível operar vários estágios em pres-
15 sões reduzidas diferentes, de modo a se permitirem temperaturas diferentes dos meios de transferência de calor individuais.

A invenção é ilustrada abaixo com o auxílio de 8 desenhos, mas o método da invenção não está restrito a estes casos específicos:

- a figura 1 mostra um arranjo possível com um reator de cloração direta
20 e uma evaporação de hidróxido de sódio correspondente às reivindicações de método 2 e 3,
- a figura 2 mostra um arranjo possível com um reator de cloração direta tendo uma coluna de purificação conectada e uma evaporação de hidróxido de sódio correspondente à reivindicação de método 4,
- 25 • a figura 3 e a figura 4 mostram, cada uma, uma combinação possível de uma evaporação de hidróxido de sódio com um reator de cloração direta e uma recuperação de calor de acordo com o processo de VCM equilibrado, com base nos ensinamentos da WO 01/34542 A2, e correspondente à reivindicação de método 5,
- 30 • a figura 5 mostra um arranjo possível com um reator de cloração direta, colunas de purificação com condensação de vapor e uma evaporação de hidróxido de sódio correspondente às reivindicações de método 6 e 7,

- as figura 6 a 8 mostram modalidades ilustrativas do parelho para a evaporação de hidróxido de sódio correspondente às reivindicações de aparelho.

A figura 1 mostra uma combinação de uma evaporação de hidróxido de sódio com um reator de cloração direta o qual produz EDC em uma "operação independente" e cujo calor de reação aquece a evaporação de hidróxido de sódio de acordo com a reivindicação de método 2 por meio de EDC gasoso e de acordo com a reivindicação de método 3 por meio de EDC líquido.

A cloração direta 100 compreende um laço 101 preenchido com líquido, uma introdução de etileno 102, uma adição de cloro dissolvido em EDC 103, com o gás de cloro 104 tendo sido dissolvido de antemão, no injetor 105, no EDC líquido 106, o qual foi resfriado de antemão para uma temperatura baixa no resfriador de EDC 107 para melhoria da solubilidade, também um vaso de liberação de gás 108, uma instalação de retirada para o EDC líquido 109 e uma instalação de retirada para o EDC gasoso 110, e um ponto de alimentação para EDC de recirculação 111, com os respectivos pontos de alimentação e as instalações de retirada também sendo capazes de estarem presentes em forma múltipla por razões práticas. No laço 101 preenchido com líquido, cloro e etileno reagem um com o outro para a formação de EDC de ebulição, o qual se vaporiza no vaso de liberação de gás 108 em conjunto com materiais de partida não reagidos e um gás inerte associado.

O EDC gasoso 110 é introduzido no espaço de camisa superior 201 do trocador de calor de casca e tubo 202, aqui mostrado como sendo dividido horizontalmente, da evaporação de hidróxido de sódio 200, onde ele se condensa e, desse modo, libera calor, mas não é significativamente sub-resfriado de modo a se evitarem flutuações de pressão do vapor de EDC. Os constituintes não condensáveis são descarregados através da retirada de gás inerte 203. Aqui, tem que ser garantido por meio de medidas técnicas adequadas que uma mistura de gás explosiva não possa ser formada no espaço de camisa do trocador de calor de casca e tubo. Essas medidas são

conhecidas por aqueles versados na técnica e não são o assunto da invenção. O condensado de EDC 204 é drenado para o espaço de camisa inferior 205 do trocador de calor de casca e tubo dividido horizontalmente 202, onde o EDC líquido é resfriado. A drenagem do EDC condensado para o espaço
5 de camisa inferior pode ser opcionalmente assistida por meio de uma bomba (não mostrada).

O EDC puro resfriado 206 é retirado do trocador de calor de casca e tubo dividido horizontalmente 202 pela bomba de condensado 207 e é dividido em duas subcorrentes: EDC de produto 208 e EDC de recirculação 209. O EDC de produto 208, após um resfriamento em um resfriador de
10 produto (não mostrado), é transportado para os limites de bateria, e o EDC de recirculação 209 é retornado para o reator.

O EDC contendo catalisador retirado da instalação de retirada para EDC líquido 109 é transportado por meio da bomba de EDC 210 para o
15 resfriador de conexão 211, o qual é instalado na parte de fundo 214 da evaporação de hidróxido de sódio 200 e é resfriado ali. O EDC resfriado 212 do resfriador de conexão 211 é resfriado mais no resfriador de circulação 107 e alimentado para o bocal injetor 105, onde ele atua como uma corrente de direcionamento para succionar e dissolver cloro 104. A corrente 103 de cloro
20 dissolvido em EDC então é alimentada para o reator de cloração direta 100.

Uma solução de hidróxido de sódio de 33% de intensidade 213 é alimentada para a parte de fundo 214 da evaporação de hidróxido de sódio 200 e evaporada sob uma pressão reduzida. A pressão é mantida pela bomba de vácuo 215, a qual descarrega o vapor d'água liberado 216. A bomba
25 de hidróxido de sódio 217 descarrega parte da solução de hidróxido de sódio a qual foi concentrada para em torno de 50% como NaOH de produto 218 e transporta uma outra parte para o distribuidor de hidróxido de sódio 219, o qual distribui a solução de hidróxido de sódio a ser concentrada para o interior dos tubos do trocador de calor de casca e tubo 202. A energia de vaporização para a evaporação é introduzida aqui pelo calor de condensação e/ou
30 pelo calor sensível do EDC condensado.

O exemplo numérico a seguir baseado em um cálculo de simu-

lação para uma planta tendo uma capacidade anual de 250000 toneladas métricas de EDC serve como uma ilustração. Em uma planta deste tamanho, a entalpia de reação é de em torno de 19,1 MW (218 kJ/mol de EDC). Uma capacidade anual de 250000 toneladas métricas de EDC corresponde a uma
5 quantidade de cloro de 22,5 toneladas métricas de cloro / hora, o que corresponde, por sua vez, a uma produção de hidróxido de sódio de em torno de 25,4 toneladas métricas/h (calculado como NaOH a 100%). O hidróxido de sódio é obtido a uma concentração de 33% a uma temperatura de em torno de 80 °C e é concentrado para 50% por evaporação a vácuo. Isto cor-
10 responde a uma quantidade de água a ser evaporada de em torno de 26,2 toneladas métricas/h ou uma potência de aquecimento de 14,6 MW.

Esta exigência de calor pode ser coberta completamente pelo calor desenvolvido na cloração direta; assim, em torno de 76% do calor de reação são recuperáveis nesta aplicação, o que é uma vantagem da inven-
15 ção. A evaporação é operada a uma pressão reduzida de em torno de 133 mbar absolutos (13,3 kPa) e a uma temperatura de 60 °C. O calor de reação remanescente a ser removido é removido por meio de trocadores de calor na planta de cloração direta.

A figura 2 mostra um reator de cloração direta com uma destila-
20 ção conectada 300 para a purificação do EDC produzido. A constituição dos grupos de aparelho de cloração direta 100 e de evaporação de hidróxido de sódio 200 é a mesma que aquela descrita na figura 1. Em contraste com o modo de operação descrito na figura 1, o vapor de EDC o qual é tomado do reator de cloração direta é primeiramente purificado por destilação na coluna
25 de purificação 301. O vapor 302 da coluna de purificação 301 é introduzido no espaço de camisa superior 201 da evaporação de hidróxido de sódio 200. A evaporação de hidróxido de sódio 200 serve como um condensador de vapor da coluna de purificação 301. O condensado de vapor 303 é transportado pela bomba de condensado 207 para o reservatório de topo 304 da co-
30 luna de purificação 301 e a partir dali é alimentado por meio da bomba de reservatório 305 para o topo da coluna de purificação 301.

As figura 3 e 4 mostram como o EDC a partir da oxicloração e o

EDC não reagido da pirólise de EDC são purificados em uma destilação de EDC de energia intensiva na purificação de EDC 400 do processo de VCM equilibrado. O EDC bruto 401 a partir da oxicloração, o qual não é mostrado aqui, é primeiramente liberado de água e solventes aceleradores de taxa de evaporação na coluna de solvente acelerador de taxa de evaporação 402 e a água e os solventes aceleradores de taxa de evaporação são descarregados através da linha de solvente acelerador de taxa de evaporação 403. O EDC obtido como um produto de fundo a partir da coluna de solvente acelerador de taxa de evaporação, o qual ainda contém solventes desaceleradores de taxa de evaporação, então, é alimentado através da linha de EDC 404 para a coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405. O EDC não reagido da pirólise de EDC da mesma forma contém solventes desaceleradores de taxa de evaporação e é alimentado através da linha de EDC 406 para a coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405.

Na coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405, as correntes alimentadas são fracionadas. Um EDC purificado é retirado no topo da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405 através da linha de vapor 407 e é obtido como EDC puro. Os solventes desaceleradores de taxa de evaporação se acumulam no fundo da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405. A corrente de fundo 408 a partir da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405 sofre uma série de operações de manipulação na coluna de vácuo 409. No topo da coluna de vácuo 409, EDC puro é retirado através da linha de vapor de EDC 410. A saída de fundo 411 a partir da coluna de vácuo 409 compreende solventes desaceleradores de taxa de evaporação e uma pequena proporção residual de EDC.

O aquecimento das colunas 405 e 409 é efetuado conforme se segue: o EDC líquido 109 é retirado do reator de cloração direta 100 e é alimentado e descarregado como um meio de aquecimento para / do evaporador de filme descendente 412 da coluna de vácuo 409. O vapor de EDC 413 é ramificado a partir do EDC gasoso 110 a partir da cloração direta 100 e alimentado como um meio de aquecimento para o evaporador de filme des-

cedente 414 da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405. Nos evaporadores de filme descendente 412 e 414, o líquido a ser aquecido flui para baixo a partir do topo do corpo de evaporador como um filme de ebulição uniformemente distribuído sobre o interior dos tubos de aquecimento sob a força da gravidade e é parcialmente vaporizado. A parte principal do vapor de EDC se condensa no exterior do evaporador de filme descendente 414. Obviamente, outros trocadores de calor, por exemplo, re-fervedores de termossifão normal, também podem ser usados.

A corrente para cima 415 do evaporador de filme descendente 414 pode ser alimentada para um condensador compensador 416, o qual serve para regulação deste sistema. O EDC líquido é subsequente-mente separado de componentes não condensáveis no receptor 417. Aqui, tem que ser assegurado por meio de medidas adequadas que uma mistura explosiva de oxigênio, de eteno residual e de vapor de EDC não possa ser formada durante a condensação. Por esta razão, um instrumento de medição de oxigênio 418, por exemplo, mede o teor de oxigênio e um regulador associado regula o fluxo de entrada de meio de resfriamento para o condensador compensador 416 de forma correspondente, mas reguladores adicionais também podem ser conectados ao condensador compensador 416. Se uma instalação de regulação não for necessária, o condensador compensador 416 poderá ser omitido também. A formação de uma mistura de gás explosiva também pode ser impedida por meio de outras medidas, as quais não são o assunto da invenção.

Dependendo da exigência em particular da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405, um excesso de vapor de EDC pode estar presente por pelo menos parte do tempo. Neste caso, uma sub-corrente de EDC 419 é ramificada do EDC gasoso 110 e combinada com os componentes não condensáveis 420 do receptor 417. Esta corrente de vapor de EDC combinada 421 serve para aquecimento da seção inferior 205 do aparelho de casca e tubo da evaporação de hidróxido de sódio 200, com o EDC sendo condensado e retirado como condensado de EDC 220. Os componentes não condensáveis são retirados como gás excedente 221 e sub-

metidos a um tratamento adicional, o qual não é mostrado aqui.

Uma corrente de EDC líquido 109 é retirada do vaso de liberação de gás 108 por meio da bomba de circulação 112 e alimentado para um evaporador de filme descendente 412 para aquecimento da coluna de vácuo 409. A corrente de EDC 422, a qual foi resfriada ligeiramente após uma transferência para fora de calor sensível, é combinada com parte do EDC puro 424 retirado do receptor 417 por meio da bomba 423 para a formação do EDC puro 425 e alimentada para a evaporação de hidróxido de sódio 200. A outra parte do EDC puro 424 retirada do receptor 417 por meio da bomba 423 serve como um EDC de produto 426.

A figura 3 mostra uma forma de obtenção de EDC de produto a uma temperatura mais alta. Uma pessoa versada na técnica escolherá este método, se desejar processar o EDC de produto diretamente na próxima etapa de processo para a produção de VCM, porque pode economizar parte do reaquecimento. Aqui, o EDC de produto 426 é usado sem uma utilização adicional do calor contido nele. Contudo, se o EDC for para ser transportado em grandes tanques de armazenamento não pressurizados, o procedimento mostrado na figura 4 poderá ser utilizado: ali, o EDC de produto 426 é resfriado para abaixo de 70 °C no resfriador de conexão 211, o qual está localizado na parte de fundo 214 da evaporação de hidróxido de sódio 200 e é a partir dali transportado como EDC de produto resfriado 222 para armazenamento. Como uma alternativa, seria possível localizar o resfriador de EDC no circuito de hidróxido de sódio de bomba.

A figura 3 e a figura 4 mostram como o EDC líquido pode ser usado na evaporação de hidróxido de sódio 200. Na figura 3, a corrente de EDC 425 é ramificada e uma parte 223 dela é alimentada para a seção superior 201 do aparelho de casca e tubo da evaporação de hidróxido de sódio 200, e a outra parte 224 é alimentada para um trocador de calor de conexão 211, o qual serve como um aquecimento de fundo. As correntes de EDC 225 e 226, as quais foram resfriadas para em torno de 65 a 70 °C, são combinadas com o condensado de EDC 220 e formam a corrente de recirculação 227. Na figura 4, a corrente de EDC 425 não é dividida, mas, ao invés disso,

é alimentada diretamente para a seção superior 201 do aparelho de casca e tubo da evaporação de hidróxido de sódio 200. Como uma alternativa, um arranjo do ganho integral de ângulo Circuito de bomba de hidróxido de sódio também seria possível. A corrente de EDC 225, a qual foi resfriada para em
5 torno de 70 °C, é combinada com o condensado de EDC 220 e estes em conjunto formam a corrente de recirculação 227.

A corrente de recirculação 227 é dividida nas subcorrentes de EDC 209 e 212. O processo adicional mostrado nas figuras 3 e 4 corresponde em termos da evaporação de hidróxido de sódio e da cloração direta à-
10 quilo o qual já foi descrito para a figura 1.

O exemplo numérico a seguir com base em um cálculo de simulação serve para ilustração das variantes de processo descritas nas figura 3 e 4: o cálculo é realizado para uma planta tendo uma capacidade anual de 250000 toneladas métricas de EDC. Em uma planta deste tamanho, a entalpia de reação é de em torno de 19,1 MW (218 kJ/mol de EDC). Disto, é possível recuperar:
15

Por aquecimento de coluna usando-se vapor de EDC:	7900 kW
Por aquecimento de coluna usando-se EDC líquido:	2050 kW
Por pré-aquecimento de alimentação usando-se EDC líquido:	1310 kW
20 Total:	11260 kW

Estes se somam até em torno de 60% do calor total de reação.

Uma capacidade anual de 250000 toneladas métricas de EDC corresponde a uma exigência de cloro de 22,5 toneladas métricas / hora, o que corresponde, por sua vez, a uma produção de hidróxido de sódio (calculada como NaOH a 100%) de em torno de 25,4 toneladas métricas/h. O hidróxido de sódio é obtido a uma concentração de 33% a uma temperatura de em torno de 80 °C e é concentrado para 50% por evaporação a vácuo. Isto corresponde a uma quantidade de água a ser evaporada de em torno de 26,2 toneladas métricas/h ou uma potência de aquecimento de 14,6 MW.
25 Disto, em torno de 4,2 MW podem ser adicionalmente recuperados pelo resfriamento da corrente de EDC de recirculação a partir de 100 °C para 70 °C em um evaporador de hidróxido de sódio. Isto melhora o grau de utilização
30

do calor de reação de 60% para 80%. O calor remanescente de reação a ser removido é removido por meio de trocadores de calor na planta de cloração direta.

A figura 5 mostra, como as figuras 3 e 4, o processo de VCM equilibrado no qual o calor de reação da cloração direta 100 é usado para colunas de purificação de aquecimento. Independentemente de como a utilização adicional do calor nas correntes de EDC deixando as caldeiras é efetuada, isto é, por exemplo, da maneira da invenção, conforme mostrado nas figuras 3 e 4, ou de uma outra forma, o vapor da coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405 também pode ser utilizado para evaporação de hidróxido de sódio. Para esta finalidade, o vapor de solvente desacelerador de taxa de evaporação 427 é alimentado não para um condensador convencional, mas para a seção superior 201 do aparelho de casca e tubo da evaporação de hidróxido de sódio 200 e o condensado de EDC retirado da evaporação de hidróxido de sódio é recirculado como um gotejamento 428 para a coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação 405 e alimentado ali para o topo da coluna.

O vapor de solvente desacelerador de taxa de evaporação 427 é EDC puro, o qual pode ser manipulado de uma maneira análoga ao EDC gasoso 110, conforme mostrado na figura 1, ou de uma maneira análoga ao vapor de EDC 303, conforme mostrado na figura 2, para a qual uma referência pode ser feita às respectivas descrições. Uma vez que esta corrente é de EDC puro, ela também pode ser misturada com outros vapores de EDC ou condensados de EDC no processo os quais têm uma pureza similar. Os processos descritos nas figuras 3, 4 e 5 podem ser, portanto, prontamente combinados uns com os outros.

O exemplo numérico a seguir com base em um cálculo de simulação serve como uma ilustração: o cálculo é realizado para uma planta tendo uma capacidade anual de 400000 toneladas métricas de EDC. Em uma planta deste tamanho, em torno de 16,2 MW de potência térmica podem ser recuperados na coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação a uma pressão no topo de 1,11 bar (110 kPa) e uma temperatura de em torno

de 87 °C, por meio do que em torno de 44 toneladas métricas / h de hidróxi-
do de sódio (calculado como NaOH a 100%) podem ser concentradas de 33
para 50 por cento em peso.

As figuras 6 a 8 mostram modalidades ilustrativas do aparelho. A
5 figura 6 mostra um evaporador de filme descendente sem uma divisão hori-
zontal compreendendo um trocador de calor de casca e tubo, o qual tem du-
as placas de tubo fixas e uma parte de fundo de NaOH e é configurado de
modo que uma solução de hidróxido de sódio seja para ser transportada nos
interiores dos tubos e 1,2-dicloroetano seja para ser transportado no exterior
10 dos tubos e também tem instalações para a introdução e a distribuição de
uma solução de hidróxido de sódio no interior dos tubos e instalações as
quase tornam possível condensar 1,2-dicloroetano gasoso e a descarga de
gás inerte e de condensado de 1,2-dicloroetano.

A figura 7 adicionalmente mostra um aparelho de casca e tubo
15 que tem instalações a quais tornam possível introduzir 1,2-dicloroetano líqui-
do e também a descarga dele, com um aparelho de casca e tubo dividido
sendo usado.

A figura 8 mostra um vaporizador de circulação externa do tipo
de caldeira 228 para operação usando-se 1,2-dicloroetano líquido como um
20 meio de aquecimento para a parte de fundo do trocador de calor de casca e
tubo. Esta modalidade pode ser empregada, vantajosamente, quando uma
pluralidade de correntes de EDC líquido, as quais têm purezas diferentes ou
das quais uma contém um catalisador para operação do reator de cloração
direta, é usada e estas não devem ser misturadas umas com as outras.

25

Listagem de Referência

100 Cloração direta

- 101 Laço preenchido com líquido
- 102 Alimentação de etileno
- 103 Cloro dissolvido
- 104 Gás de cloro
- 105 Injetor
- 106 EDC líquido

- 107 Resfriador de EDC
- 108 Vaso de liberação de gás
- 109 EDC líquido
- 110 EDC gasoso
- 111 EDC de recirculação
- 112 Bomba de circulação

- 200 Evaporação de hidróxido de sódio**
- 201 Espaço de camisa superior
- 202 Trocador de calor de casca e tubo
- 203 Retirada de gás inerte
- 204 Condensado de EDC
- 205 Espaço de camisa inferior
- 206 EDC puro
- 207 Bomba de condensado
- 208 EDC de produto
- 209 EDC de recirculação
- 210 Bomba de EDC
- 211 Resfriador de conexão
- 212 EDC
- 213 Solução de hidróxido de sódio a 33% de intensidade
- 214 Parte de fundo
- 215 Bomba de vácuo
- 216 Vapor d'água
- 217 Bomba de hidróxido de sódio
- 218 NaOH de produto
- 219 Distribuidor de hidróxido de sódio
- 220 Condensado de EDC
- 221 Gás excedente
- 222 EDC de produto resfriado
- 223 Parte
- 224 Parte

- 225 Corrente de EDC
- 226 Corrente de EDC
- 227 Corrente de recirculação
- 228 Vaporizador de circulação do tipo de caldeira

300 Destilação

- 301 Coluna de purificação
- 302 Vapor
- 303 Condensado de vapor
- 304 Reservatório de topo
- 305 Bomba de reservatório

400 Purificação de EDC

- 401 EDC bruto
- 402 Coluna de solvente acelerador de taxa de evaporação
- 403 Linha de solvente acelerador de taxa de evaporação
- 404 Linha de EDC
- 405 Coluna de solvente desacelerador de taxa de evaporação
- 406 Linha de EDC
- 407 Linha de vapor
- 408 Corrente de fundo
- 409 Coluna de vácuo
- 410 Linha de vapor de EDC
- 411 Retirada de fundo
- 412 Evaporador de filme descendente
- 413 Vapor de EDC
- 414 Evaporador de filme descendente
- 415 Corrente de saída
- 416 Condensador compensador
- 417 Receptor
- 418 Instrumento de medição de oxigênio
- 419 Subcorrente de EDC

- 420 Componentes não condensáveis
- 421 Corrente de vapor de EDC
- 422 Corrente de EDC
- 423 Bomba
- 424 EDC puro
- 425 EDC puro
- 426 EDC de produto
- 427 vapor de solvente desacelerador de taxa de evaporação
- 428 Gotejamento

REIVINDICAÇÕES

1. Método de utilização do calor da reação da preparação de 1,2-dicloroetano a partir de eteno e cloro em um reator de cloração direta, com o cloro sendo produzido em uma eletrólise de cloreto de sódio, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do calor da reação na formação do 1,2-dicloroetano no reator de cloração direta é utilizado para a evaporação do NaOH produzido como subproduto na eletrólise de NaCl para a preparação do cloro necessário para a cloração direta.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do calor da condensação do vapor de 1,2-dicloroetano removido da cloração direta é usado para a evaporação do hidróxido de sódio produzido.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do calor sensível do 1,2-dicloroetano líquido removido da cloração direta é usado para a evaporação do hidróxido de sódio produzido.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do calor da condensação do vapor obtido na purificação por destilação do 1,2-dicloroetano produzido a partir de eteno e cloro em um reator de cloração direta é usado para a evaporação do hidróxido de sódio produzido.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o 1,2-dicloroetano produzido, o qual é removido em forma gasosa ou líquida do reator de cloração direta, é primeiramente utilizado para o aquecimento indireto das colunas de purificação, e somente após o EDC ter transferido parte de sua energia térmica para lá, em uma temperatura relativamente elevada, é passado para uma transferência de energia adicional na evaporação do hidróxido de sódio, onde ele transfere energia térmica em uma temperatura mais baixa, para o hidróxido de sódio, em um trocador de calor indireto.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que pelo menos parte do calor da condensação do vapor da destila-

ção, cujo aquecedor é operado usando calor da reação gerado na reação de cloração direta do eteno e cloro, é usado para a evaporação do hidróxido de sódio produzido.

5 7. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o vapor contendo 1,2-dicloroetano da coluna de destilação para a remoção de componentes que tem um ponto de ebulição mais elevado do que o do 1,2-dicloroetano é usado para a evaporação do hidróxido de sódio.

10 8. Aparelho para realizar o método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, compreendendo um trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas, o qual tem 2 partes de tubo fixos e uma parte no fundo de NaOH e é configurado de modo que a solução de hidróxido de sódio é para ser convertida no interior dos tubos e o 1,2-dicloroetano é para ser convertido no lado externo dos tubos, e também tendo meios para introduzir e distribuir a solução de hidróxido de sódio para o interior dos tubos.

15 9. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, compreendendo um trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas tendo meios que tornem possível condensar 1,2-dicloroetano no lado externo dos tubos, e também permitir a introdução de 1,2-dicloroetano gasoso, e a descarga do gás inerte e do 1,2-dicloroetano condensado.

20 10. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, compreendendo um trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas tendo meios que tornem possível introduzir 1,2-dicloroetano líquido e também a sua descarga.

25 11. Aparelho de acordo com a reivindicação 9 ou 10, compreendendo um aparelho dividido que tem tubos envolvidos por camisas, cuja primeira parte é configurada de acordo com a reivindicação 9 e cuja outra parte é configurada de acordo com a reivindicação 10.

30 12. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11 tendo uma tomada no trocador de calor para operação usando 1,2-dicloroetano líquido como meio de aquecimento na parte do fundo do trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas.

13. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11 tendo um vaporizador de circulação externa usando 1,2-dicloroetano

líquido como meio de aquecimento na parte do fundo do trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas.

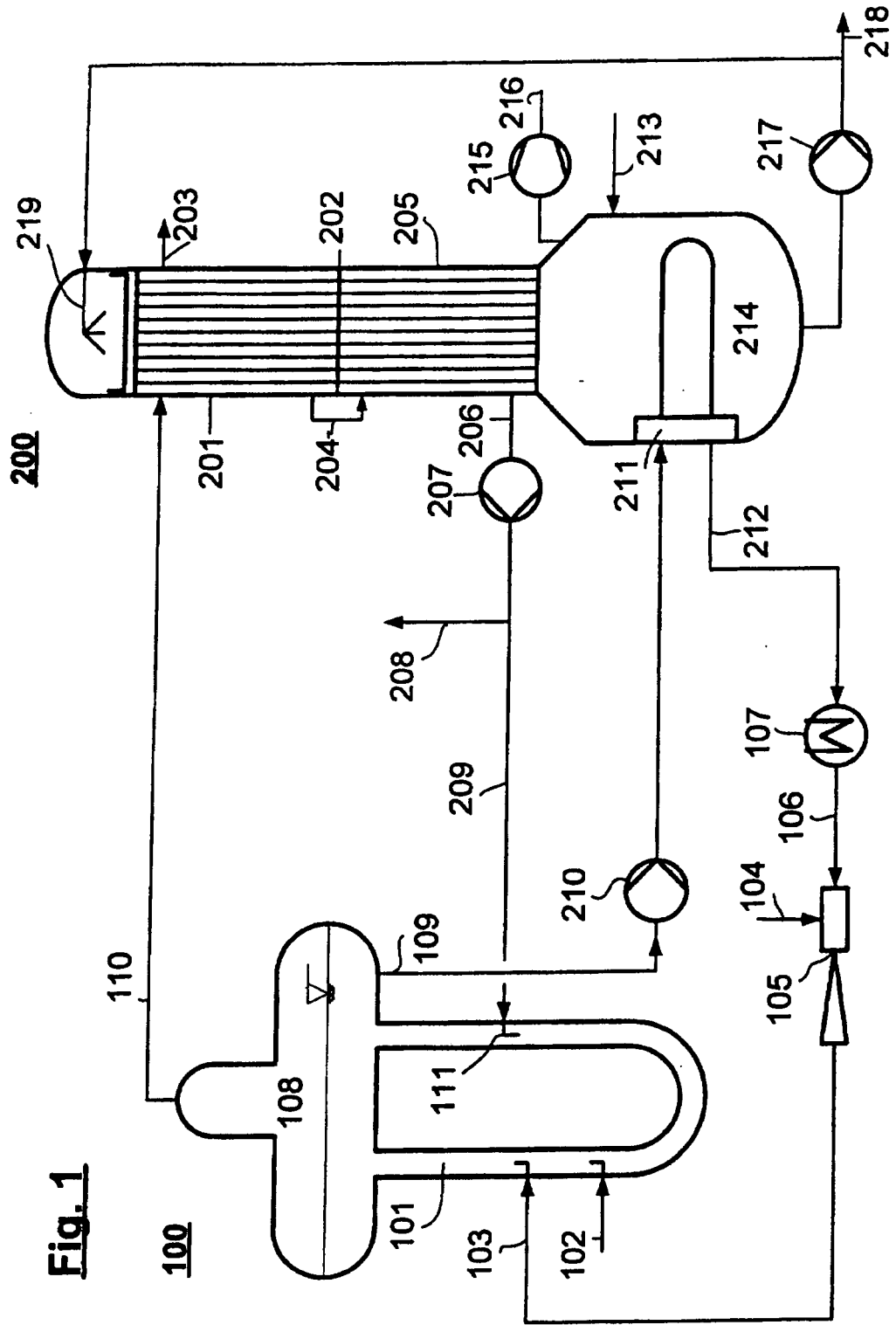


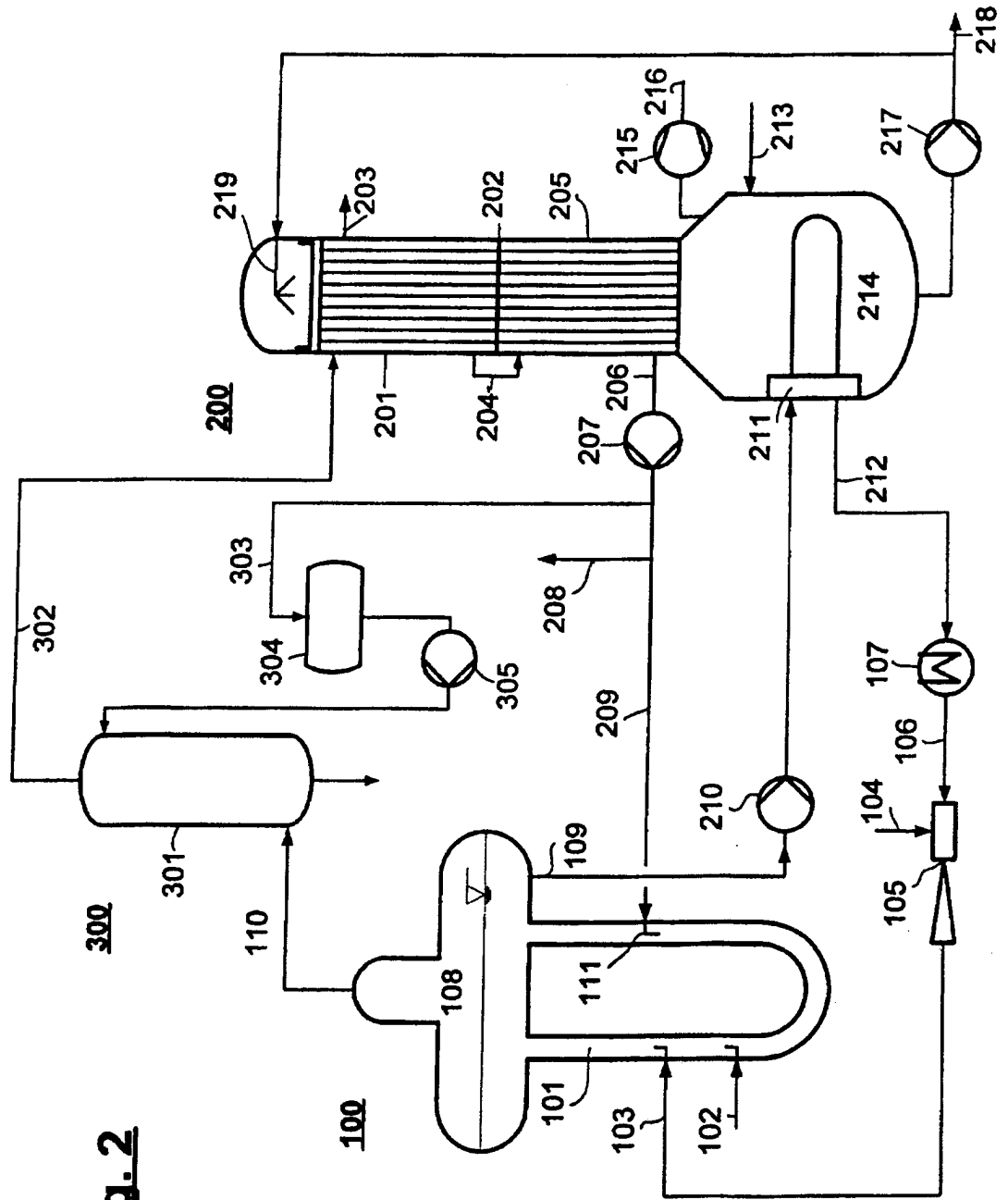
Fig. 2

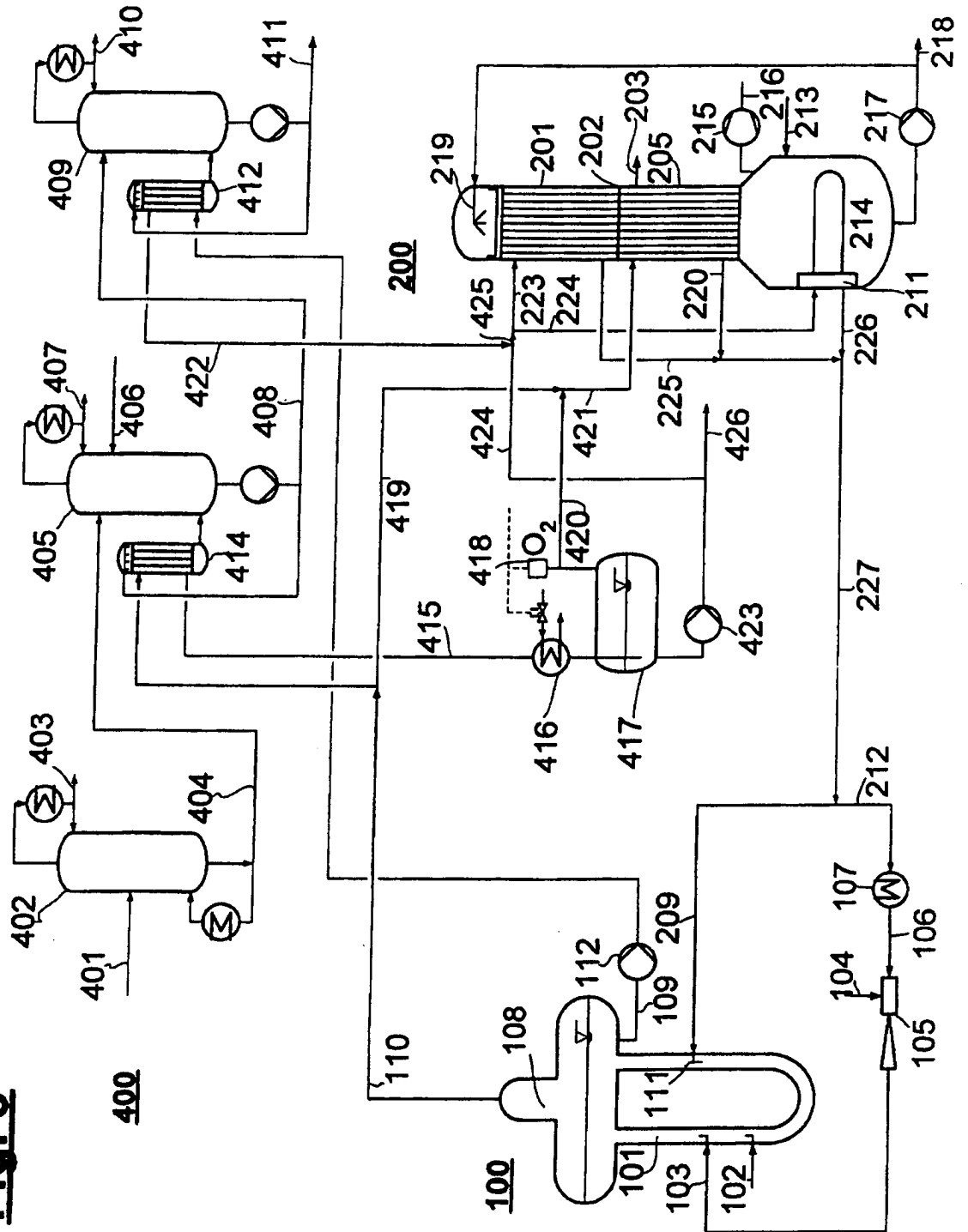
Fig. 3

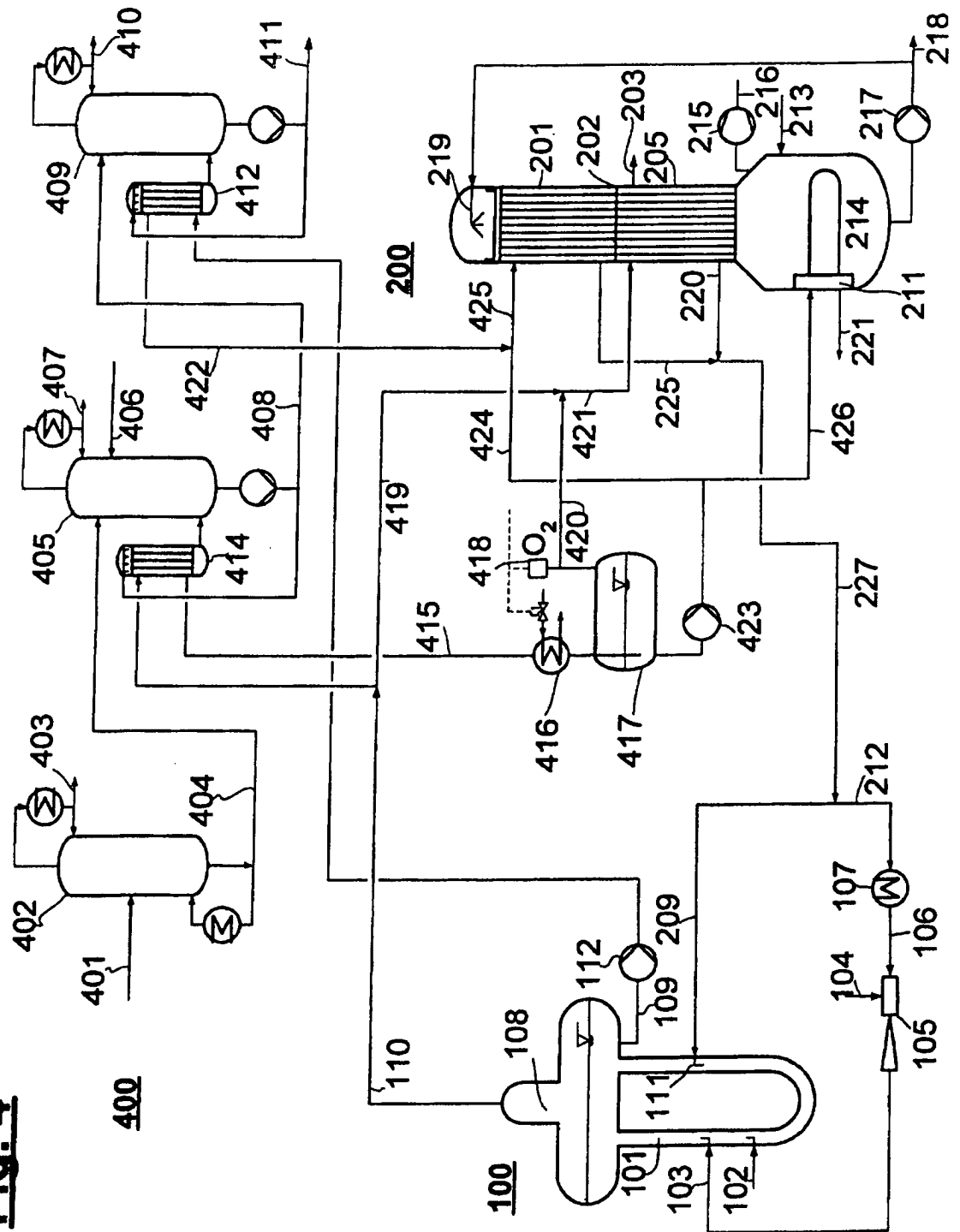
Fig. 4

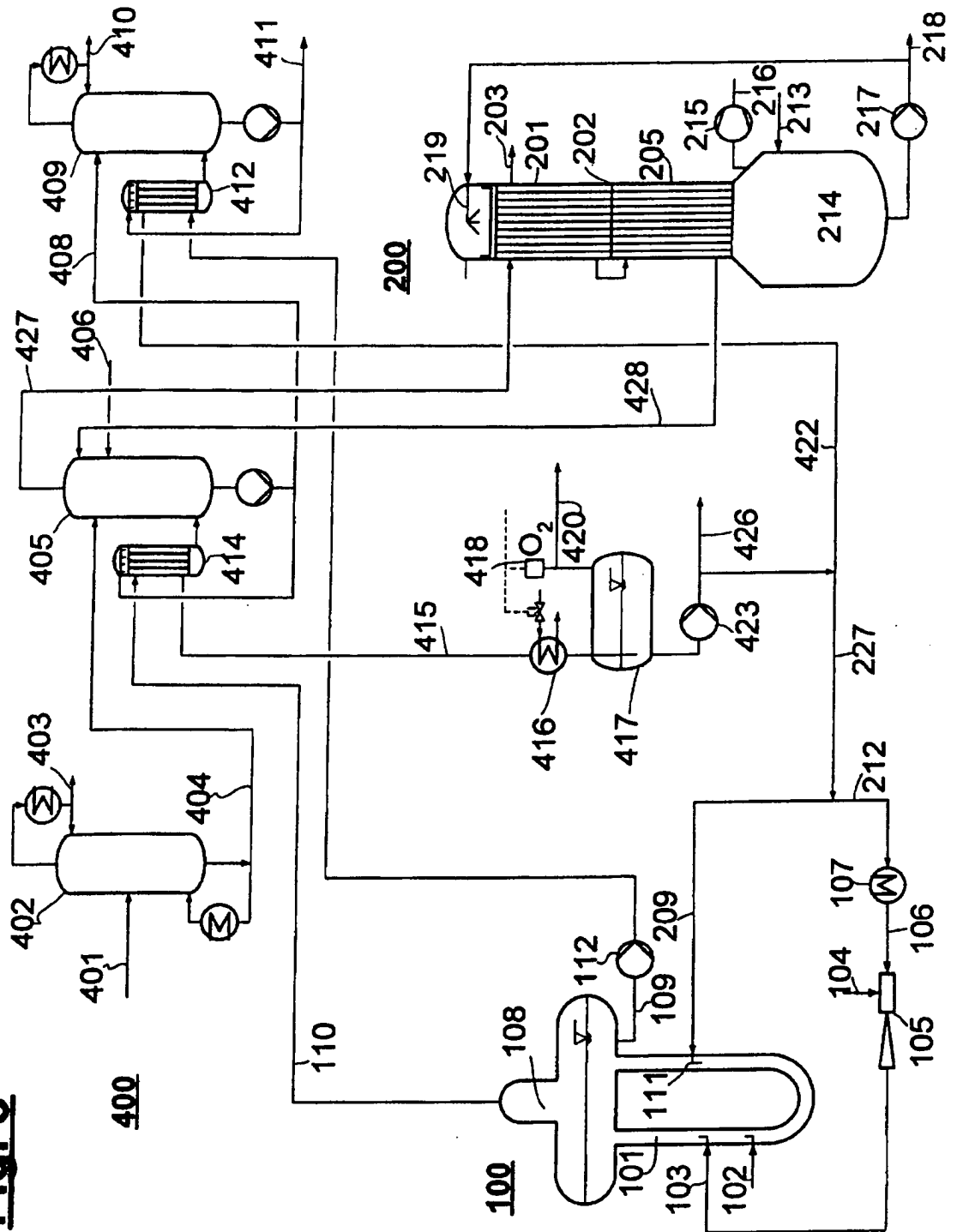
Fig. 5

Fig. 6

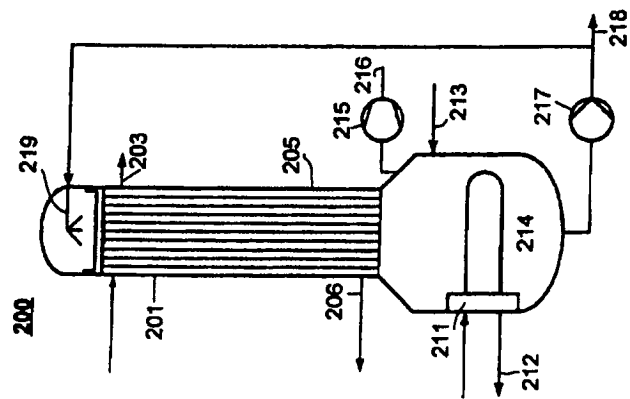


Fig. 7

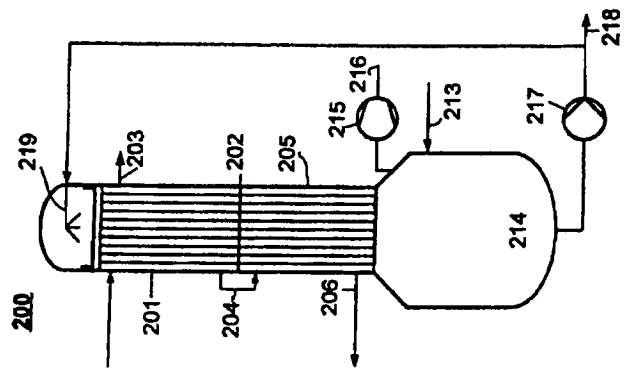
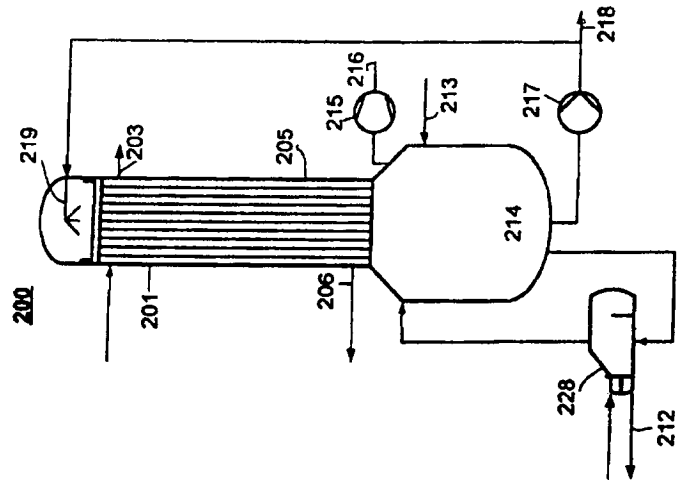


Fig. 8



RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA A UTILIZAÇÃO DO CALOR DA REAÇÃO ENVOLVIDO NA PREPARAÇÃO DE 1,2-DICLOROETANO"**.

- 5 Método de utilização do calor da reação da preparação de 1,2-dicloroetano a partir de eteno e cloro em um reator de cloração direta, com o cloro sendo produzido em uma eletrólise de cloreto de sódio, em que pelo menos parte do calor da reação na formação do 1,2-dicloroetano no reator de cloração direta é utilizado para a evaporação do NaOH produzido como
- 10 subproduto na eletrólise de NaCl para a preparação do cloro necessário para a cloração direta e um aparelho para realizar o método, compreendendo um trocador de calor que tem tubos envolvidos por camisas, o qual tem 2 partes de tubo fixos e uma parte no fundo de NaOH e é configurado de modo que a solução de hidróxido de sódio é para ser convertida no interior dos tubos e o
- 15 1,2-dicloroetano é para ser convertido no lado externo dos tubos, e também tendo meios para introduzir e distribuir a solução de hidróxido de sódio para o interior dos tubos.