



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014008478-5 B1



(22) Data do Depósito: 02/10/2012

(45) Data de Concessão: 13/04/2021

(54) Título: PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

(51) Int.Cl.: C01B 15/023.

(30) Prioridade Unionista: 11/10/2011 EP 11184576.4.

(73) Titular(es): SOLVAY SA.

(72) Inventor(es): ALAIN VANDENBUSSCHE; PATRICK MARKUS DHAESE; STEPHEN BLOOMFIELD; FRANCINE JANSSENS.

(86) Pedido PCT: PCT EP2012069414 de 02/10/2012

(87) Publicação PCT: WO 2013/053617 de 18/04/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/04/2014

(57) Resumo: PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO compreendendo as duas etapas essenciais alternantes de (a) hidrogenação de uma solução de trabalho em uma unidade de hidrogenação (hidrogenador) na presença de um catalisador, em que a referida solução de trabalho contém pelo menos uma alquilantrahidroquinona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico, de modo a obter pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona correspondente; e (b) oxidação do referido pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona para obter peróxido de hidrogênio em uma unidade de oxidação; e compreendendo adicionalmente a etapa de (c) extração do peróxido de hidrogênio formado na etapa de oxidação em uma unidade de extração, em que as etapas de hidrogenação, oxidação e extração são realizadas em um sistema de reator que é concebido como um sistema modular e compacto de uma unidade de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração, e em que o referido sistema de reator é configurado para operar sem uma unidade de reversão (regeneração) para reversão contínua da solução de trabalho, como um processo AO de pequena a média escala com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio (...).

"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO"

[0001] Este pedido reivindica a prioridade do Pedido de Patente Europeia No. 11184576.4 depositado em 11 de outubro de 2011, sendo o conjunto deste pedido incorporado neste documento a título de referência para todos os fins.

[0002] Caso a divulgação de quaisquer patentes, pedidos de patentes, e publicações que são incorporados neste documento por referência entrem em conflito com a descrição do presente pedido na medida em que ele possa tornar um termo pouco claro, deverá prevalecer a presente descrição.

[0003] A presente invenção se refere a um processo para produção de peróxido de hidrogênio, em particular para a produção de soluções aquosas de peróxido de hidrogênio para uso direto numa aplicação industrial, um dispositivo para a realização de um tal processo.

[0004] A produção de peróxido de hidrogênio dessa forma é bem conhecida. O peróxido de hidrogênio pode ser produzido por vários métodos, por ex., através de hidrogenação direta de oxigênio ou mais comumente através do denominado processo de auto-oxidação da antraquinona (processo AO). A presente invenção se refere particularmente ao processo AO mais comum industrialmente.

[0005] O peróxido de hidrogênio é um dos produtos químicos inorgânicos mais importantes a ser produzidos em todo o mundo. A produção mundial de peróxido de hidrogênio cresceu para 3,2 milhões de toneladas métricas (100% H₂O₂) em 2009. A sua aplicação industrial inclui têxtil, branqueamento de celulose e papel, reciclagem de papel, síntese orgânica (óxido de propileno), o fabrico de produtos químicos inorgânicos e detergentes, ambiental e outras aplicações. No contexto da presente invenção, o branqueamento de celulose e papel de aplicação industrial, as aplicações mineiras ou ambientais são de particular interesse.

[0006] A produção de peróxido de hidrogênio é realizada por algumas empresas químicas que produzem em fábricas de grande escala, como até 50 - 70 por cento de concentrado em água (% em peso). Devido às características altamente oxidativas desse nível da concentração, o peróxido de hidrogênio é normalmente ajustado para uma concentração de 50 por cento para manuseamento e transporte em segurança,

e concentrados de 70 por cento são normalmente utilizados apenas para o transporte em grandes distâncias devido ao motivo do custo. Por razões de segurança, o produto de peróxido de hidrogênio é normalmente diluído até pelo menos 50%, antes da aplicação, mas para a maioria das aplicações, será aplicado em uma concentração inferior a 15%. A fim de minimizar as operações, a diluição para a concentração efetiva ocorre normalmente dentro da própria aplicação, através da adição da quantidade apropriada de uma solução concentrada mais elevada geralmente não mais do que 50 % de peróxido de hidrogênio. Ultimamente, o peróxido de hidrogênio é usado em várias concentrações, dependendo da aplicação, por ex., em uma variedade de aplicações de peróxido de hidrogênio é usado em uma concentração de aproximadamente 1-15 por cento. Alguns exemplos particulares de tais concentrações de peróxido de hidrogênio são, dependendo do tipo de aplicação industrial: branqueamento de celulose 2-10 %; oxidação de águas residuais 1-5 %; produtos de consumo de limpeza de superfície 1-8 %. Em outras aplicações, tais como desinfecção a concentração de peróxido de hidrogênio pode ser superior, por ex., em embalagens assépticas as concentrações típicas podem ser de 35 % ou 25 %.

[0007] A síntese industrial do peróxido de hidrogênio é predominantemente conseguida através do uso do processo de Riedel-Pfleiderer (originalmente descrito nas patentes dos E.U.A. 2,158,525 e 2,215,883). Este processo bem conhecido de produção cíclica em grande escala de peróxido de hidrogênio faz uso da auto-oxidação de uma 2-alquil-antrahidroquinona para a correspondente 2-alquilantraquinona, que resulta na formação de peróxido de hidrogênio.

[0008] Antecedentes da Invenção - Técnica Anterior:

[0009] Desse modo, o peróxido de hidrogênio é tipicamente produzido usando um processo de antraquinona cíclico de duas fases de (processo AO), compreendendo a hidrogenação da solução de trabalho de antraquinona em um reator catalítico e a oxidação da solução de trabalho de antraquinona hidrogenada através do ar em um leito embalado de multi-etapa ou uma torre de placa de peneira, produzindo simultaneamente água oxigenada no fluxo orgânico, com a

extração consecutiva do peróxido de hidrogênio a partir da solução de trabalho da antraquinona através da água num processo de coluna de extração em contracorrente de multi-etapa. O solvente orgânico de escolha é tipicamente uma mistura de dois tipos de solventes, sendo um deles um solvente bom do derivado de quinona (geralmente uma mistura de compostos aromáticos), e o outro sendo um solvente bom do derivado de hidroxiquinona (usualmente um álcool de cadeia longa ou éster cíclico). A seguir às referidas principais etapas do processo AO, podem estar envolvidas outras etapas auxiliares do processo, tais como a separação do catalisador de hidrogenação da solução de trabalho; a recuperação e purificação do polimento da solução de trabalho de antraquinona, os solventes que a acompanham, e a sua reciclagem para o hidrogenador; e a recuperação, purificação do polimento e estabilização do produto de peróxido de hidrogênio.

[0010] Este processo AO utiliza compostos de alquilantraquinona, tais como 2-etilantraquinona, 2-amil-antraquinona, e os seus derivados 5,6,7,8-tetra-hidro como os compostos de trabalho dissolvidos em um solvente orgânico adequado ou mistura de solventes orgânicos. Essas soluções de alquilantraquinonas são referidas como soluções de trabalho. Na primeira etapa do processo de antraquinona (etapa de hidrogenação), a solução de trabalho é submetida a hidrogenação, de forma a reduzir os compostos de trabalho à sua forma hidrogenada, as alquil-hidroantraquinonas. A hidrogenação dos compostos de trabalho é atingida através da mistura de gás de hidrogênio com a solução de trabalho e do contato da solução resultante com um catalisador de hidrogenação apropriado. Na segunda etapa do processo AO de duas etapas (etapa de oxidação), os compostos de trabalho hidrogenados, ou seja, as alquil-hidroantraquinonas, são oxidados usando oxigênio, ar, ou um composto contendo oxigênio adequado a fim de produzir peróxido de hidrogênio e a restaurar o composto de trabalho para a sua forma original. O peróxido de hidrogênio produzido na etapa de oxidação é em seguida removido da solução de trabalho, tipicamente através de extração com água, e a restante solução de trabalho que contém as alquilantraquinonas é reciclada para a etapa de hidrogenação, para dar de novo início ao processo. A etapa de hidrogenação pode

ser efetuada na presença de um catalisador de leito fluidizado ou de um catalisador de leito fixo. Ambos os métodos são conhecidos por ter as suas vantagens e desvantagens particulares.

[0011] Em um reator de hidrogenação de leito fluidizado, é obtido um bom contato entre as três fases do mesmo e, desse modo, a produtividade e a seletividade são geralmente elevadas. No entanto, as partículas do catalisador podem sofrer ruptura por abrasão e podem bloquear os filtros necessários para separar o catalisador em suspensão e a solução de trabalho hidrogenada. Este tipo de reator também está sujeito a retro mistura. Desse modo, o uso de um catalisador suspenso requer frequentemente o uso de um maior reator de hidrogenação e de um sector de filtração caro de forma a se obter uma forma totalmente hidrogenada.

[0012] No reator de leito fixo de hidrogenação, o catalisador não provoca tanta abrasão quanto o reator de leito fluidizado e, em caso de operar em fluxo concorrente, não resulta em retro mistura. Mas a taxa de reação de um reator de hidrogenação de leito fixo é limitada pela relativamente lenta taxa de dissolução do hidrogênio a partir da fase gasosa para a solução de trabalho, e também pela proporcionalmente menor superfície de Pd por unidade de peso de um catalisador de leito fixo contra um leito fluidizado. Portanto, para dissolver a quantidade requerida de hidrogênio necessária para reduzir completamente todos os compostos de trabalhos, a solução de trabalho tem, normalmente, de ser reciclada várias vezes. Desse modo, são necessários um fluxo de reciclagem muito grande e um reator de hidrogenação correspondentemente grande e, isso a somar aos custos de capital do processo. Adicionalmente, a reciclagem da solução hidrogenada resulta em sobre-hidrogenação dos compostos de trabalho de modo a que esses não sejam eficazes no processo global.

[0013] Um tipo especial de reatores de leito fixo são os denominados reatores de leito gotejante que são geralmente conhecidos na literatura (ver por ex., NG K. M. e CHU C. F. Chemical Engineering Progress, 1987, 83 (11), pg. 55-63). Embora os reatores de leito gotejante sejam principalmente usados na indústria do petróleo para hidrocrackeamento, hidrodessulfurização e hidrodessnitrogenação, e na indústria

petroquímica para hidrogenação e oxidação de compostos orgânicos, no entanto, o reator de hidrogenação de leito gotejante também é encontrado em algumas versões do processo AO para o fabrico de peróxido de hidrogênio. O termo leito gotejante é usado neste documento de forma a significar um reator no qual uma fase líquida e uma fase gasosa fluem simultaneamente para baixo através de um leito fixo de partículas catalisadoras enquanto ocorre a reação. A prática corrente na operação do reator de leito gotejante ainda se baseia principalmente em correlações empíricas e, obviamente, parâmetros, tais como a queda de pressão, coeficientes de dispersão, e coeficientes de transferência de calor e massa dependentes tanto, das taxas de fluxo gás e de líquidos. A partir da literatura é também conhecido como operar reatores de leito gotejante sob diferentes padrões de fluxo, tais como "gotejante", "pulsante", "pulverização", "bolhas" e "bolhas dispersas". Um dos principais problemas no uso do leito gotejante, especialmente no regime de fluxo gotejamento, é a possibilidade de canalização no reator de hidrogenação de leito fixo.

[0014] No documento Chemical Abstracts no. 19167 f-h, volume 55 (patente japonesa no. 60 4121) é descrito o fabrico de peróxido de hidrogênio, processo no qual uma mistura de uma solução de alquilantraquionona com elevado excesso de hidrogênio ou de gás contendo hidrogênio é tornada em espuma, através da passagem da mistura através de um difusor poroso na zona superior de uma coluna contendo um catalisador de hidrogenação granular. A mistura em espuma é então rapidamente passada através da camada de catalisador para hidrogenada. Na parte inferior da coluna, é colocado um leito constituído por lã de vidro, lã de rocha, uma tela metálica, ou um tecido de filtro para remoção da espuma, e a solução de trabalho sem espuma é retirada a partir do fundo e o grande excesso de gás separado é reciclado para a coluna. Embora por este processo, a possibilidade de canalização de um reator de hidrogenação de leito fixo, no regime de fluxo gotejante seja eliminado, de acordo com a referência feita à patente japonesa nos E.U.A. 4,428,922 (coluna 1, linhas 55 a 68) ainda permanecem algumas desvantagens, tais como elevada quebra de pressão, o aumento do consumo de energia relacionado

com a mesma, um elevado fluxo de reciclagem do hidrogênio de volta através do reator de hidrogenação, e a utilização de equipamento adicional necessário para a formação de espuma e remoção da espuma na solução de trabalho. Além disso, o rendimento ou a produtividade do reator de hidrogenação é drasticamente reduzida devido ao elevado volume ocupado pelo excesso de gás de hidrogênio.

[0015] O documento WO99/40024 pretende ultrapassar as desvantagens dos processos acima descritos e confere um processo simplificado e vantajoso para o fabrico de peróxido de hidrogênio por meio de um processo AO utilizando um leito fixo de partículas catalisadoras na etapa de hidrogenação com elevadas produtividades.

[0016] Isto é conseguido através de um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO, compreendendo as etapas alternativas de hidrogenação e oxidação de uma solução de trabalho contendo pelo menos uma alquilantraquionona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico e extraíndo o peróxido de hidrogênio formado na etapa de oxidação, processo no qual a etapa de hidrogenação é efetuada em um reator de hidrogenação contendo um leito fixo de partículas catalisadoras de hidrogenação através da introdução de um fluxo simultâneo da solução de trabalho e de um gás de hidrogenação, na parte superior do reator e através do ajuste da proporção de fluxos de introdução de líquido e de gás e a pressão do gás de hidrogenação de forma conferir uma mistura de auto formação de espuma da solução de trabalho e do gás de hidrogenação na ausência de qualquer dispositivo ou difusor ou bocal de pulverização para a formação da espuma, e através da passagem da mistura de formação de espuma para baixo através do leito fixo das partículas catalisadoras. O processo do documento WO 99/40024 pode ser efetuado, opcionalmente, através de lotes ou de forma contínua. Além disso, a etapa de hidrogenação do processo pode ser efetuada, opcionalmente, sob um regime de fluxo de espuma de pulsação da solução de trabalho através do catalisador de leito fixo. De acordo com o documento WO 99/40024, é possível efetuar a etapa de hidrogenação do processo AO diretamente em um reator de hidrogenação convencional do tipo de leito gotejante sob a

formação de espuma da solução de trabalho e do gás de hidrogenação sem qualquer equipamento especial adicional para a geração da espuma. Assim, a solução de trabalho e o gás de hidrogenação podem ser diretamente introduzidos no reator de hidrogenação apenas através de um tubo de entrada convencional e a formação de espuma é então conseguida através do ajuste dos fluxos de introdução de líquido e de gás e da pressão do gás de hidrogenação. Além disso, não há necessidade de conferir qualquer equipamento especial na parte inferior do reator de hidrogenação para remoção da espuma. O reator de hidrogenação contendo o leito gotejante estacionário utilizado nesse é do tipo convencional e pode tomar todas as formas e tamanhos, geralmente encontradas para a produção dos reatores de hidrogenação deste tipo. De preferência, o reator de hidrogenação é um reator tubular (coluna).

[0017] De acordo com o documento WO 99/40024 há várias vantagens em relação à utilização de uma solução de trabalho de formação de espuma na etapa de hidrogenação do processo AO para o fabrico de peróxido de hidrogênio. A transferência da massa gás/líquido é significativamente aumentada por causa da natureza da espuma, que consiste em uma dispersão densa de íões de gás de hidrogenação na solução de trabalho líquida. Uma boa distribuição da solução de trabalho e do gás de hidrogenação é mantida ao longo do comprimento total do reator de hidrogenação. Por conseguinte, por exemplo, a velocidade da superfície líquida de uma solução de trabalho de formação de espuma necessária para alcançar uma boa eficiência de contato é aproximadamente até 2 a 3 vezes inferior do que a requerida para uma solução de trabalho sem a formação de espuma. Assim, para a formação de espuma da mistura de solução de trabalho e para a hidrogenação de gás, as condições no reator de hidrogenação relacionadas com os fluxos de introdução de líquidos e gasosos e a pressão do gás de hidrogenação são ajustados de forma a conferirem uma significativa interação do líquido (L) e do gás de hidrogenação (G); sob essas condições, o regime de fluxo de espuma pode estar localizado entre o regime de fluxo gotejante e o regime de fluxo pulsante. De acordo com isso, no processo da invenção, a pressão do gás de hidrogenação se encontra

na escala de 1,1 a 15 bar (absoluto), de preferência na escala de 1,8 a 5 bar (absoluto). A velocidade superficial de entrada do hidrogênio é geralmente de pelo menos 2,5 cm/s, preferencialmente de pelo menos 3 cm/s. A velocidade superficial de entrada do hidrogênio é geralmente não superior a 25 cm/s, preferencialmente não superior a 10 cm/s. A velocidade superficial de entrada do líquido no reator é geralmente de pelo menos 0,25 cm/s, preferencialmente de pelo menos 0,3 cm/s. A velocidade superficial de entrada do líquido é geralmente não superior a 2,5 cm/s, preferencialmente não superior a 1,5 cm/s, e mais preferencialmente, não superior a 1 cm/s.

[0018] Os processos AOs antes descritos com base no conceito original de Riedel-Pfleiderer são projetados para a grande escala industrial e até mesmo a mega escala de produção de peróxido de hidrogênio. Desse modo, os processos de produção de peróxido de hidrogênio convencionais são normalmente efetuados em fábricas de produção de peróxido de hidrogênio de grande a mega escala com capacidades de produção de cerca de 40.000 a 330.000 toneladas (métricas) por ano de peróxido de hidrogênio por ano. Desse modo, atualmente, existem fábricas em operação industrial com uma capacidade de produção de, por ex. 40 a 50 ktpa (quilotoneladas por ano) na extremidade inferior, com uma capacidade de até 160 ktpa, e as maiores mega fábricas do mundo conferem uma capacidade de 230 ktpa (Antuérpia) e 330 ktpa (Tailândia). Nesses processos, normalmente a capacidade de produção em caso de fluidos fixos é limitada a 50 ktpa e, geralmente, as fábricas com capacidade de produção acima de 50 ktpa são operadas com reatores de leito fluido.

[0019] Esses processo AOs convencionais e as respectivas fábricas de produção são complicados e requerem muitas e grandes instalações de equipamentos, um número de pessoal competente para a manutenção do equipamento e operação das etapas principais e auxiliares do processo, e salvaguardas especiais para lidar com o peróxido de hidrogênio resultante, nas suas concentrações geralmente elevadas de 40 por cento, e as concentrações ainda mais elevadas até 50 a 70 por cento. Desse modo, é requerida muita atenção na gestão e manutenção frequente. Além da

complexidade de tais processos de produção em grande a mega escala, é de notar que uma parte substancial do peróxido de hidrogênio produzido necessita de ser transportado, por ex., por comboio ou caminhão, para ser utilizada por clientes nas suas próprias aplicações industriais. Tais transportes por trem e caminhão necessitam de precauções especiais tendo em vista as questões de segurança e de seguridade relacionadas.

[0020] Por outro lado, uma variedade de aplicações industriais de peróxido de hidrogênio dos clientes não exigem soluções de peróxido de hidrogênio altamente concentradas para as suas aplicações e, por isso, conforme já foi explicado acima, as soluções de peróxido de hidrogênio que foram concentradas para o propósito de um transporte econômico, geralmente a uma concentração de peróxido de hidrogênio de cerca de 50 por cento, são apenas usadas em uma menor concentração de por ex. 1 a 15 por cento no local do cliente para a sua aplicação local específica, por exemplo, particularmente para o uso na indústria da celulose e do papel ou na indústria têxtil, ou para uso na indústria de mineração ou para aplicações ambientais.

[0021] Além disso, os atuais processos AO de peróxido de hidrogênio de larga escala de acordo com o conceito Riedel-Pfleiderer normalmente são processos intensivos em energia e de elevado capital, e os custos associados a esses são repassados para os usuários finais de baixo volume. Esses usuários finais iriam beneficiar de métodos para a produção de peróxido de hidrogênio mais econômica, sem os concomitantes custos de capital e problemas de manuseamento associados com os atuais sistemas de produção em ambientes de fábricas locais menores próximas ao local do usuário final.

[0022] A patente dos E.U.A. 5,662,878 (submetida a 2 de setembro de 1997 e atribuída à Universidade de Chicago) já discute a necessidade de um processo que permita a produção de peróxido de hidrogênio de forma eficaz em ambientes de pequenas fábricas em um local industrial "hospedeiro". Resumidamente, a patente dos E.U.A. 5,662,878 descreve um método para produção de peróxido de hidrogênio, compreendendo o fornecimento de uma solução contendo antraquinona;

sujeitando a solução ao hidrogênio para hidrogenar a antraquinona; misturando ar com a solução contendo antraquinona hidrogenada de forma a oxidar a solução; contatando a solução oxidada com um membrana hidrofílica de forma a produzir um permeado; e recuperando o peróxido de hidrogênio a partir do permeado. O método proposto para a produção de peróxido de hidrogênio reivindica como uma característica a utilização de tecnologias de membrana para isolar o peróxido de hidrogênio do líquido de reação do processo. O ensinamento do documento E.U.A. 5,662,878 se foca sobre a utilização da tecnologia de membrana para a produção de peróxido de hidrogênio que é praticamente isenta de compostos orgânicos, e a capacidade para retenção de solventes orgânicos dispendiosos nos líquidos de reação para reutilização.

[0023] De acordo com a patente dos E.U.A. 5,662,878 os processo AO de Riedel-Pfleiderer são considerados inadequados para a produção em pequena escala de cerca de produção em escala e produção de média escala. Isso é porque a torre de enchimento utilizada para a oxidação, e a coluna para a extração de peróxido de hidrogênio são muito grandes e não são fáceis de aumentar ou diminuir à escala para modularidade e flexibilidade operacional. Além disso, os extratores típicos são multi-etapas, muito grandes em volume e são considerados difíceis de reduzir à escala e tendem a ser altamente instáveis e requerendo, por isso, um elevado grau de controle operacional.

[0024] Embora se possa supor que o processo AO pode ser efetuado em pequena a média escala, de modo a satisfazer a procura meramente local, no estado da técnica é ainda considerado que tais processos têm a necessidade de uso de muitas peças de equipamento, muita atenção de gestão, e manutenção frequente, e que esses são difíceis de diminuir em escala e difícil de tornar esses processos rentáveis. Mas, apesar do processo proposto de acordo com o documento E.U.A. 5,662,878 usando uma tecnologia de membrana, a produção industrial de peróxido de hidrogênio ainda se apoia em instalações de produção de larga escala e otimização dos processos relacionados. Assim, até agora, não opera qualquer instalação de produção de pequena escala (500 - 5.000 toneladas métricas por ano)

ou instalação de produção de média escala (5.000 - 20.000 toneladas métricas por ano). Parece que a indústria ou ignorou o potencial industrial das instalações de produção de peróxido de hidrogênio de pequena a média escala ou assumiu as dificuldades técnicas e/ou econômicas para a aplicação desses métodos de pequena a média escala para produção de peróxido de hidrogênio, em comparação com a produção industrial e bem estabelecida de grande escala e disponibilidade logística para enviar o peróxido de hidrogênio; tudo apesar do perigo da necessidade de concentrar por destilação e concentração final do peróxido de hidrogênio para os propósitos de transporte e, finalmente, a diluição necessária para utilização no local do cliente.

[0025] Portanto, mesmo nos dias atuais, existe uma elevada necessidade na técnica para a produção de peróxido de hidrogênio sem os custos de capital concomitantes e os problemas de manuseamento associados aos presentes sistemas de produção de grande escala a mega escala, e para desenvolvimento de novos processos que iria permitir a eficaz produção de peróxido de hidrogênio em ambientes de fábricas de pequenos a médios tamanhos, especialmente em um local industrial do cliente, em locais dos usuários finais de baixo volume ou outros locais industriais "hospedeiros" adequados. Além disso, esses pequenos a médios processos de peróxido de hidrogênio novos ("processos mini-AO") devem ser o mais modular quanto possível, com a capacidade para rápida inicialização, desligamento e retorno, enquanto também acomodam a variabilidade das taxas de produção, e tão simples e robustos quanto possível de forma a permitir um local de fácil utilização para o usuário final que opere estávelmente em operação contínua com uma mínima necessidade de intervenção de espaço (por exemplo, no local do cliente) técnica e/ou física.

[0026] Assim, particularmente tendo em conta a importância econômica do peróxido de hidrogênio, ainda há um desejo claro para fábricas de produção de peróxido de hidrogênio de pequena a média escala que podem produzir soluções de peróxido de hidrogênio aquosas diretamente para uso local, através da aplicação da tecnologia do processo AO bem estabelecida de acordo com o processo de Riedel-

Pfleiderer, mas que também são processos de fabrico de peróxido de hidrogênio mais rentáveis.

[0027] O objetivo da presente invenção é proporcionar um processo industrial viável do ponto de vista técnica, operacional e econômica para a produção de peróxido de hidrogênio em pequena a média escala e respectivas instalações com uma capacidade de produção máxima de até 20 ktpa, e preferencialmente com uma capacidade de produção máxima até menor de até 15 ktpa, e ainda mais preferencialmente mini-fábricas com uma capacidade na faixa de 2 a 15 ktpa. Este processo para a produção de peróxido de hidrogênio em pequena a média escala e respectivas instalações serão chamados no presente documento de “mini-processo AO” e “mini-fábrica AO”, respectivamente.

[0028] Ainda outro objetivo da presente invenção é, portanto proporcionar um processo para a produção de peróxido de hidrogênio que é viável do ponto de vista técnica, operacional e econômica quando realizado em instalações de produção de peróxido de hidrogênio de pequena a média escala, preferencialmente no local de um cliente consumidor de peróxido de hidrogênio (local “hospedeiro”). Outro objetivo da presente invenção é proporcionar um processo que é suficientemente automatizado de modo que quando operado exige pouquíssima observação e manutenção, particularmente em relação à reversão da solução de trabalho e/ou a regeneração do catalisador de hidrogenação. Este aspecto da invenção será chamado no presente documento de reversão e/ou regeneração de baixa frequência.

[0029] Portanto, é um objetivo adicional proporcionar um processo industrial robusto, simples e modular para a produção de peróxido de hidrogênio em pequena a média escala baseado na tecnologia convencional do processo AO, que possa ser instalado no local de um cliente, particularmente num local (de cliente) remoto, e que seja apropriado para instalações de fácil manipulação pelo usuário que funcionam estavelmente por períodos mais longos, por exemplo, por períodos de pelo menos cerca de um mês, preferencialmente de vários meses, e preferencialmente de no mínimo pelo menos 3 meses, em operação contínua com uma necessidade mínima

(por exemplo, no local do cliente) de intervenção técnica e/ou física, particularmente em relação à reversão da solução de trabalho e/ou a regeneração do catalisador de hidrogenação.

[0030] Descrição Detalhada da Invenção:

- a. Mini-processo AO e mini-fábrica AO referentes a reversão de baixa frequência:

[0031] Surpreendentemente foi agora descoberto que o objetivo de um processo AO de pequena a média escala para a produção de peróxido de hidrogênio pode ser realizado quando a capacidade do processo e as instalações de produção estão sendo reduzidas, sendo que o processo AO de pequena a média escala para a produção de peróxido de hidrogênio é também simplificado e realizado em um reator modular, por exemplo, em um sistema quase totalmente fechado de uma unidade de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração e operado sem uma unidade de reversão (regeneração), de modo que a solução de trabalho e/ou o catalisador sejam substituídos para regeneração ou reativação apenas intermitentemente com frequência baixa ou periodicamente com frequência baixa, por exemplo, apenas após períodos de operação de vários meses, e a extração de peróxido de hidrogênio é preferencialmente realizada com uma quantidade de água suficiente para resultar em uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa contendo uma concentração predeterminada de peróxido de hidrogênio que é adequada para ser diretamente utilizada em uma aplicação industrial específica. Surpreendentemente, este processo AO de pequena a média escala simplificado para a produção de peróxido de hidrogênio é também apropriado para ser operado num local de produção do cliente ou do usuário final, por exemplo, opcionalmente como produção de peróxido de hidrogênio descentralizado ou satélite mantido por fábricas “mãe” de produção de peróxido de hidrogênio ou de maior escala e por seus funcionários qualificados.

[0032] De acordo com isso, num primeiro aspecto, a presente invenção se refere a um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO, compreendendo as duas etapas essenciais alternativas de

- (a) hidrogenação de uma solução de trabalho em uma unidade de hidrogenação (hidrogenador) na presença de um catalisador, em que a referida solução de trabalho contém pelo menos uma alquilantraquinona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico, de forma a se obter pelo menos um correspondente composto de alquil-antrahidroquinona; e
 - (b) oxidação do referido pelo menos um composto alquil-antrahidroquinona de modo a se obter peróxido de hidrogênio em uma unidade de oxidação;
- e compreendendo ainda a etapa de

(c) extração do peróxido de hidrogênio formado na etapa de oxidação em uma unidade de extração, caracterizado pelo fato de que as etapas de hidrogenação, oxidação e extração são realizadas em um sistema de reator que é concebido como um sistema modular e compacto de uma unidade de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração, e em que o referido sistema de reator é configurado para operar sem uma unidade de reversão (regeneração) como um processo AO de pequena a média escala com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 20 quilotoneladas por ano, em que a solução de trabalho e/ou o catalisador são substituídos e/ou tratados para regeneração ou reativação apenas intermitentemente ou periodicamente. Em particular, o sistema de reator é configurado para operar sem uma unidade de reversão (regeneração) (permanente) para reversão contínua da solução de trabalho. O único tratamento e/ou substituição intermitente ou periódico para regeneração ou reativação da solução de trabalho e/ou do catalisador precisa ser realizado com apenas frequência baixa, por exemplo, apenas após períodos de certa duração, por exemplo, de algumas semanas ou meses. O sistema de reator é quase totalmente fechado significando, por exemplo, que um número mínimo de entradas e/ou saídas é previsto para a realização do processo AO cíclico de hidrogenação, oxidação e extração do produto de peróxido de hidrogênio aquoso.

[0033] Assim, em um segundo aspecto, a presente invenção refere-se a um processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO compreendendo as duas etapas essenciais alternantes de

- (a) hidrogenação de uma solução de trabalho em uma unidade de hidrogenação (hidrogenador) na presença de um catalisador, em que a referida solução de trabalho contém pelo menos uma alquilantraquinona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico, de modo a obter pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona correspondente; e
- (b) oxidação do referido pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona para obter peróxido de hidrogênio em uma unidade de oxidação; e compreendendo adicionalmente a etapa de
- (c) extração do peróxido de hidrogênio formado na etapa de oxidação em uma unidade de extração,

e em que as etapas de hidrogenação, oxidação e extração são realizadas em um sistema de reator que é concebido como um sistema modular e compacto de uma unidade de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração, e em que o referido sistema de reator é configurado para operar sem uma unidade de reversão (regeneração), em particular sem uma unidade de reversão (permanente) para reversão contínua da solução de trabalho, como um processo AO de pequena a média escala, e em que a solução de trabalho e/ou o catalisador são substituídos e/ou tratados para regeneração ou reativação apenas intermitentemente ou periodicamente com uma frequência baixa de apenas cerca de períodos mensais, preferencialmente apenas após períodos de pelo menos 3 meses no ciclo das etapas (a), (b) e (c) do processo AO.

[0034] De acordo com a invenção, é proporcionado um processo industrial viável do ponto de vista técnica, operacional e econômica para a produção de peróxido de hidrogênio em pequena a média escala (“mini-processo AO”) e respectivas mini-fábricas AO para a produção de peróxido de hidrogênio. O “mini-processo AO” pode ser operado com uma capacidade de produção máxima de até 20 ktpa. Preferencialmente este mini-processo AO tem uma capacidade de produção máxima até menor de até 15 ktpa (quilotoneladas por ano), mais preferencialmente uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 10 quilotoneladas por ano, e em particular uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até

5 quilotoneladas por ano. Normalmente, o mini-processo AO de acordo com a invenção é operado com uma capacidade na faixa de 2 a 15 ktpa (quilotoneladas métricas por ano).

[0035] O mini-processo AO de acordo com a invenção pode ser concebido de uma maneira flexível, para uma variedade de quaisquer outras escalas dentro do referido escopo de capacidade, por exemplo, para conferir uma capacidade que se adapte melhor às necessidades locais onde o processo é operado. Assim, como um exemplo e sem limitação, possíveis escalas de capacidade são desde 2-5 ktpa, 2-6 ktpa, 2-7 ktpa, 2-8 ktpa, 2-9 ktpa, 2-10 ktpa, 2-11 ktpa, 2-12 ktpa, 2-13 ktpa, 2-14 ktpa, 2-15 ktpa; 3-6 ktpa, 3-7 ktpa, 3-8 ktpa, 3-9 ktpa, 3-10 ktpa, 3-11 ktpa, 3-12 ktpa, 3-13 ktpa, 3-14 ktpa, 3-15 ktpa; 4-6 ktpa, 4-7 ktpa, 4-8 ktpa, 4-9 ktpa, 4-10 ktpa, 4-11 ktpa, 4-12 ktpa, 4-13 ktpa, 4-14 ktpa, 4-15 ktpa; 5-6 ktpa, 5-7 ktpa, 5-8 ktpa, 5-9 ktpa, 5-10 ktpa, 5-11 ktpa, 5-12 ktpa, 5-13 ktpa, 5-14 ktpa, 5-15 ktpa; 6-7 ktpa, 6-8 ktpa, 6-9 ktpa, 6-10 ktpa, 6-11 ktpa, 6-12 ktpa, 6-13 ktpa, 6-14 ktpa, 6-15 ktpa; 7-8 ktpa, 7-9 ktpa, 7-10 ktpa, 7-11 ktpa, 7-12 ktpa, 7-13 ktpa, 7-14 ktpa, 7-15 ktpa; 8-9 ktpa, 8-10 ktpa, 8-11 ktpa, 8-12 ktpa, 8-13 ktpa, 8-14 ktpa, 8-15 ktpa; 9-10 ktpa, 9-11 ktpa, 9-12 ktpa, 9-13 ktpa, 9-14 ktpa, 9-15 ktpa; 10-11 ktpa, 10-12 ktpa, 10-13 ktpa, 10-14 ktpa, 10-15 ktpa; 11-12 ktpa, 11-13 ktpa, 11-14 ktpa, 11-15 ktpa; 12-13 ktpa, 12-14 ktpa, 12-15 ktpa; 13-14 ktpa, 13-15 ktpa; 14-15 ktpa.

[0036] Em um processo preferido para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a invenção, o processo tem uma capacidade de produção de até 10.000 toneladas métricas por ano (10 ktpa) de peróxido de hidrogênio, e da maior preferência uma capacidade de produção na faixa de 2.000 a 10.000 toneladas métricas por ano (2 a 10 ktpa), ou mais preferencialmente, em uma escala de 2.000 a 5.000 toneladas métricas por ano (2 a 5 ktpa). Tipicamente, o tamanho de uma fábrica para a produção de peróxido de hidrogênio depende da capacidade de produção. Por exemplo, dentro da escala de concepção preferida entre 2 e 10 ktpa uma fábrica de 3 ktpa de capacidade será muito menor do que uma fábrica de 10 ktpa. Portanto, em uma modalidade da invenção mais preferida, por exemplo, por razões econômicas, a concepção dos mini-processos AO se refere ao

fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO ou para mini-fábricas AO com estreitas escalas de capacidade de, como por exemplo, 2-3 ktpa, 3-5 ktpa, 5-7,5 ktpa ou 7,5-10 ktpa. Similarmente, também para capacidades mais elevadas são preferíveis as escalas de capacidade mais estreitas, como por exemplo, 10-12,5 ktpa, 12,5-15 ktpa.

[0037] De acordo com uma primeira modalidade preferida da invenção, é proporcionado um mini-processo AO para a fabricação de peróxido de hidrogênio que é suficientemente automatizado de modo que quando operado exige pouquíssima observação e manutenção, particularmente em relação à reversão da solução de trabalho e/ou a regeneração do catalisador de hidrogenação. De acordo com esta modalidade preferida da invenção, o mini-processo AO para a fabricação de peróxido de hidrogênio é realizado de modo que a solução de trabalho e/ou o catalisador são substituídos ou tratados para regeneração ou reativação apenas intermitentemente com frequência baixa.

[0038] Esse aspecto da invenção será referido no que se segue como reversão e/ou regeneração de baixa frequência. Assim, em contraste com os processos convencionais para o fabrico industrial de peróxido de hidrogênio que compreende uma reversão permanente e contínua da solução de trabalho durante o processo, o processo de acordo com a invenção é simplificado na medida em que durante o processo a solução de trabalho necessita de ser revertida e/ou o catalisador necessita de ser regenerado apenas intermitentemente ou periodicamente com baixa frequência, por exemplo, em um ponto no tempo quando é atingida a produção de uma quantidade predefinida de peróxido de hidrogênio, quando o rendimento da produção cai abaixo de um valor limiar predefinido de uma eficiência de produção mínima requerida, e/ou quando uma quantidade de subprodutos excede uma certa quantidade predefinida. Assim, nessa variante da invenção, a solução de trabalho é normalmente substituída, por uma nova solução de trabalho ou por uma solução de trabalho renovada, por exemplo, uma solução de trabalho retirada do sistema de reator e tratada para reversão antes de se voltar a encher o reator com a referida solução de trabalho renovada, apenas intermitentemente quando ocorre o evento

anteriormente mencionado.

[0039] De acordo com uma outra modalidade da invenção, o mini-processo AO para a produção de peróxido de hidrogênio é efetuado de tal modo que a solução de trabalho e/ou o catalisador são apenas substituídos intermitentemente ou periodicamente ou tratados para regeneração ou reativação, por exemplo, normalmente o processo AO de acordo com a invenção pode ser operado durante períodos de vários meses sem substituição da solução de trabalho para regeneração (reversão) ou reativação do catalisador. A substituição periódica de solução de trabalho e do catalisador são, independentes uma da outra, mas também podem ser razoavelmente substituídas ao mesmo tempo ou em momentos diferentes, ou depois dos mesmos ou de diferentes períodos de operação. Assim, a reversão é apenas efetuada intermitentemente após um período de operação contínuo do sistema de reator das unidades (a), (b) e (c) de pelo menos 3 meses, por exemplo, a solução de trabalho é normalmente substituída, por uma nova solução de trabalho ou por uma solução de trabalho renovada, por exemplo, uma solução de trabalho removida do sistema de reator e tratada para reversão antes de voltar a encher o reator com a referida solução de trabalho renovada, apenas após períodos de operação de pelo menos 3 meses no ciclo das etapas (a), (b) e (c) do processo AO. Dependendo do tipo de solução de trabalho e/ou catalisador, e da concepção específica e da capacidade da mini-fábrica AO, o mini-processo AO pode ser tão robusto que pode ser utilizado mesmo durante períodos individualmente de pelo menos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12 meses sem substituição da solução de trabalho para regeneração (reversão) ou reativação do catalisador. Por conseguinte, em modalidades preferidas da invenção, a reversão ou a substituição da solução de trabalho é apenas intermitentemente efetuada após um período de operação contínua do sistema de reator das unidades (a), (b) e (c) durante pelo menos 6 meses, mais de preferência durante pelo menos 9 meses, e na maioria das modalidades preferidas da invenção durante pelo menos, 12 meses. Normalmente, na prática, o período de trabalho contínuo pode ser individualmente de 3-4 meses, 3-5 meses, 3-6 meses, 3-7 meses, 3-8 meses, 3-9 meses, 3-10 meses, 3-11 meses, 3-12 meses; 4-5 meses, 4-6

meses, 4-7 meses, 4-8 meses, 4-9 meses, 4-10 meses, 4-11 meses, 4-12 meses; 5-6 meses, 5-7 meses, 5-8 meses, 5-9 meses, 5-10 meses, 5-11 meses, 5-12 meses; 6-7 meses, 6-8 meses, 6-9 meses, 6-10 meses, 6-11 meses, 6-12 meses; 7-8 meses, 7-9 meses, 7-10 meses, 7-11 meses, 7-12 meses; 8-9 meses, 8-10 meses, 8-11 meses, 8-12 meses; 9-10 meses, 9-11 meses, 9-12 meses; 10-11 meses, 10-12 meses ou 11-12 meses.

[0040] Uma vantagem particular dos mini-processos AO da presente invenção é que o fabrico de peróxido de hidrogênio através desse processo AO pode ser efetuado como uma fábrica satélite descentralizada de uma fábrica mãe central para a produção de peróxido de hidrogênio, em que essa fábrica satélite pode estar localizada em qualquer local, mesmo industrial remoto ou no usuário final, com a única condição prévia que nesse local de instalação ou satélite, o hidrogênio e outras instalações comuns estão disponíveis para o mini-processo AO. Assim, o mini-processo AO pode ser operado de forma descentralizada como um processo satélite distante, mesmo muito distante de uma fábrica-mãe central de grande escala. Por isso, na fábrica satélite não são requeridas instalações ou meios para regenerar (reverter), contínua e simultaneamente, a solução de trabalho e/ou para reativar o catalisador de hidrogenação, durante o processo AO. Atualmente, por exemplo, após os períodos acima mencionados de operação contínua do mini-processo AO, a solução de trabalho e/ou o catalisador são removidos da fábrica satélite e substituídos por uma solução de trabalho nova ou revertida, ou o catalisador é substituído por um catalisador novo ou reativado, respetivamente. A solução de trabalho e/ou o catalisador retirados da fábrica satélite são então transportados para a fábrica mãe central para o propósito de regeneração (reversão) ou reativação, respetivamente.

[0041] A reversão intermitente e/ou periódica da solução de trabalho e/ou a regeneração do catalisador de hidrogenação podem ser efetuadas de várias formas. Por exemplo, normalmente, a solução de trabalho e/ou o catalisador são removidos em conjunto ao mesmo tempo do sistema de reator do mini-AO ou esses são removidos separadamente em momentos diferentes, conforme apropriado de acordo

com os parâmetros do processo e com a eficiência do processo relacionados tanto com a solução de trabalho como com o catalisador de hidrogenação.

[0042] A solução de trabalho é então renovada em equipamento separado para a reversão dos compostos de trabalho contidos na solução de trabalho. Essa reversão da solução de trabalho pode ser efetuada, por exemplo, em um local diferente no equipamento de uma outra fábrica de produção de peróxido de hidrogênio, por exemplo, no respetivo, equipamento de regeneração de uma fábrica de produção de peróxido de hidrogênio semelhante ou, de preferência, maior. Alternativamente, a solução de trabalho pode ser regenerada em equipamento de regeneração móvel separado para a reversão dos compostos de trabalho contidos na solução de trabalho, por exemplo, em uma unidade de regeneração móvel que é usada a pedido ou, conforme apropriado, em um certo número de localizações diferentes, onde é efetuado um pequeno a médio processo de fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO. Uma outra opção é efetuar intermitentemente ou periodicamente a regeneração da solução de trabalho sob condições particulares no equipamento principal do pequeno a médio processo de fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com o próprio processo AO.

[0043] Da mesma forma, conforme descrito acima para a reversão da solução de trabalho, o catalisador de hidrogenação pode ser renovado em um local diferente no equipamento de outra fábrica de produção de peróxido de hidrogênio de outra escala semelhante ou, de preferência de escala maior. Ou, o catalisador de hidrogenação, pode ser regenerado em equipamento de regeneração móvel separado, por exemplo, em uma unidade de regeneração de catalisador móvel que é usada a pedido ou, conforme apropriado, em um certo número de localizações diferentes, onde é efetuado um pequeno a médio processo de fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO. Uma outra opção é efetuar intermitentemente ou periodicamente a regeneração do catalisador de hidrogenação sob condições particulares no equipamento principal do pequeno a médio processo de fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com o próprio processo AO.

[0044] Assim sendo, a invenção tem a vantagem de ser executado um processo

consideravelmente simplificado na fábrica satélite, enquanto a complicada reversão/regeneração da WS do processo satélite é efetuada intermitentemente de tempos a tempos na fábrica mãe central, onde estão disponíveis todas as instalações e meios, bem como o pessoal competente e treinado e, desse modo, a reversão/regeneração pode ser efetuada de uma forma mais segura e econômica do que quando comparada com a execução de uma reversão/regeneração contínua individual da solução de trabalho de cada uma de uma variedade de mini-fábricas.

[0045] Ao realizar a presente invenção, uma solução de trabalho contendo um composto de trabalho de antraquinona é dissolvida em um solvente orgânico adequado. Os compostos de trabalho que podem ser utilizados no processo da invenção são aquelas antraquinonas, em particular alquilantraquinonas, e as suas misturas, convencionalmente usadas para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO.

[0046] Antraquinonas adequadas são 2-alquilantraquinonas e incluem, por exemplo, 2 etil-antraquinona, 2-isopropil-antraquinona, 2-n-butil-antraquinona, 2-sec-butil-antraquinona, 2-terc-butil-antraquinona, 2-amil-antraquinona, 2-sec-amil-antraquinona, 2-terc-amil-antraquinona ou misturas dessas. Embora o processo AO do peróxido de hidrogênio seja também normalmente possível com 2-alquil-5,6,7,8-tetrahidroantraquinonas e as misturas dessas, as concentrações dessas tetrahidroantraquinonas são minimizadas no processo de acordo com a presente invenção. Os solventes orgânicos que podem ser utilizados no processo da invenção são aqueles solventes, e as suas misturas, convencionalmente usados no fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO. Em particular, são usadas as misturas de solventes de dois ou mais solventes, que são igualmente adequadas para as diferentes propriedades de dissolução das quinonas. Assim, normalmente são utilizadas misturas de solventes aromáticos não polares (solventes de quinona) e solventes polares (solventes de hidroquinona) no fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO.

[0047] Exemplos de solventes aromáticos adequados incluem aromáticos substituídos com alquilo, particularmente C 8 e C 12 alquilbenzenos ou misturas

desses. Exemplos de solventes polares adequados incluem álcoois superiores (por exemplo diisobutilcarbinol ou 2-octanol), ureia alquilada e ariladas, ésteres de ácido fosfórico (por exemplo, fosfato de trioctilo), 2-pirrolidona, acetato de 2-metilciclohexila ou misturas desses. Exemplos de misturas de solventes adequadas incluem misturas de aromáticos de C 10 alquila com diisobutilcarbinol ou com acetato de 2-metilciclohexila. Geralmente, a solução de trabalho contém de 2 a 40 % em peso da antraquinona ou mistura da mesma.

[0048] Por uma questão de exemplo, mas sem limitação, uma solução de trabalho preferida usada no processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a invenção pode ser uma composição AQ/SX/S-150, em que AQ significa uma 2-alquilantraquinona ou uma mistura dessa. Uma 2-alquilantraquinona adequada pode ser um grupo 2-amil-antraquinona, ou uma mistura desse, por exemplo, uma mistura de antraquinona com amila terciária substituída e a antraquinona com amila secundária substituída), SX significa sextate ou acetato de 2-metilciclohexila (CAS n. 57 26-19-2), que é um solvente industrial comercialmente disponível, e S-150 significa um solvente de hidrocarboneto aromático comercialmente disponível do tipo 150 da série Solvesso®. S-150 (Solvesso®-150; CAS no. 64742-94-5) é conhecido como um solvente aromático de elevados aromáticos que confere elevadas características de solvência e de evaporação controlada que os tornam excelentes para utilização em muitas aplicações industriais e em particular como fluidos de processo. Os hidrocarbonetos aromáticos Solvesso® estão disponíveis em três escalas de ebulição com volatilidade variável, por exemplo, com uma escala de destilação de 165-181 °C, de 182-207 °C ou 232-295 °C. Esses também podem ser obtidos como naftaleno reduzido ou como escalas de naftaleno ultra baixas. Solvesso® 150 (S-150) é caracterizado como se segue: escala de destilação de 182-207 °C; ponto de inflamação de 64 °C; teor de aromáticos superior a 99 % em peso; ponto de anilina de 15 °C, densidade de 0,900 a 15 °C, e uma taxa de evaporação (nButAc = 100) de 5,3. Vantajosamente a solução de trabalho preferida é adequada para uma escala ampla de escalas de produção, variando de processos de produção de peróxido de

hidrogênio de pequena a média até, finalmente, grande e mega escala, o que a torna compatível com pequenas a mega fábricas. Esse também permite um novo conceito de mudança da solução de trabalho apenas periodicamente após um prazo mais longo de ciclos ao longo de vários meses, por exemplo, mesmo até à substituição da solução de trabalho no mini-processo AO apenas uma vez por ano. Assim, no processo da invenção não é necessária reversão simultânea contínua e, conseqüentemente, não é necessária uma unidade de reversão na mini-fábrica AO. Portanto, a invenção confere pela primeira vez um processo livre de unidade de reversão para a produção de peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO. Atualmente no mundo não existe esse sistema sem reversão, e, geralmente, está uma unidade de reversão contínua no local e em uso está no local no atual estado da técnica das instalações de produção de peróxido de hidrogênio. Portanto, o novo mini-processo AO permite apenas a regeneração intermitente da solução de trabalho, que é efetuada em uma unidade de reversão central de grande escala da fábrica "mãe", onde a química do processo, o tratamento de efluentes, competências e instalações estão rapidamente disponíveis.

[0049] Solução de Trabalho de Controle da Acidez: Embora, o mini-processo AO de acordo com a invenção seja efetuado sem qualquer unidade de regeneração (reversão) simultânea, o processo pode incluir opcionalmente um controle da acidez da solução de trabalho. Assim, a mini-fábrica AO pode compreender instalações ou meios adequados para medir a acidez da solução de trabalho e outras instalações ou meios adequados para a adaptação e/ou a manutenção da acidez dentro de escalas predeterminadas para a execução de um mini-processo AO contínuo, sem qualquer regeneração (reversão) simultânea da solução de trabalho. Assim, em vez de uma unidade de reversão, opcionalmente, o mini-processo AO pode prever estar equipado com uma pequena unidade, por exemplo, com um leito de alumina, para o controle da acidez da solução de trabalho. O controle da acidez pode ser efetuado, como um exemplo mas sem limitação, por exemplo óxidos inorgânicos ou por exemplo, carbonatos.

[0050] A etapa de hidrogenação pode ser efetuada de um modo convencional,

com um catalisador de hidrogenação típico adequado para um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de Riedel-Pfleiderer e das suas variantes. Os catalisadores de hidrogenação típicos conhecidos para o processo cíclico de antraquinona podem ser utilizados como catalisadores na fase de hidrogenação, por exemplo, tais como os catalisadores de metais nobres, contendo um ou mais metais nobres originados da série de Pd, Pt, Ir, Rh e Ru. Os catalisadores conhecidos para o processo cíclico de antraquinona podem estar na forma de catalisadores de leito fixo ou na forma de catalisadores suspensos, sendo os catalisadores suspensos capazes de ser utilizados tanto na forma de um catalisador não suportado, por exemplo, paládio negro ou níquel Raney, e na forma de um catalisador suspenso suportado. Embora possam ser usados outros metais catalíticos, para o propósito da invenção, se verificou que o catalisador de hidrogenação deve compreender de preferência paládio (Pd) como o metal catalítico, preferencialmente em combinação com prata (Ag), e que tais catalisadores devem ser utilizados na etapa de hidrogenação. Os catalisadores de paládio e paládio/prata são conhecidos pelos peritos na técnica comuns, e os catalisadores Pd, bem como Pd/Ag otimizados para o processo AO são descritos no estado da técnica. Como um exemplo de um catalisador de hidrogenação Pd/Ag típico é feita referência ao documento WO 98/15350 (Solvay Interlox), que descreve uma composição de catalisador de Pd/Ag de 0,5-2,5 % em peso de Pd e 0,5-2,5 % em peso de Ag, e que é usada em um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo da antraquinona.

[0051] O hidrogenador pode ser operado com um catalisador de leito fixo de uma combinação de Pd/Ag como o metal catalítico. Em uma variante alternativa da invenção, o hidrogenador também pode ser operado com um catalisador de lama. O catalisador de leito fixo geralmente consiste em uma embalagem de partículas de catalisador de hidrogenação sólidas. É geralmente desejável que o diâmetro médio dessas partículas deva estar na escala de cerca de 0,2 a 10 mm. Em uma modalidade preferida do processo de acordo com a invenção, os grânulos de catalisador no leito fixo têm um diâmetro médio de partícula de 1 e 5 mm. De

preferência, o catalisador de uma combinação de Pd/Ag apresenta uma elevada seletividade inicial e a estabilidade de longo prazo compensa os custos mais elevados, em comparação com um catalisador de lama. As produtividades podem ser melhoradas e/ou os custos (transportador/fabrico) podem diminuir através da utilização de menores tamanhos de partículas (por exemplo, 1-2 mm).

[0052] Não existem requisitos especiais em relação à forma das partículas do catalisador e, portanto, as partículas podem ser redondas, grãos ou mesmo peletes de forma indeterminada. Geralmente as partículas de catalisador constituídas por um transportador poroso tal como óxido de alumínio, óxido de titânio, óxido de zircônio, sílica gel ou de carvão ativado ou polímeros orgânicos ou misturas desses óxidos ou misturas de polímeros orgânicos, e de um metal catalítico, normalmente no estado da técnica, tais como ródio, paládio, platina ou rênio, cujo metal catalítico é depositado sobre ou adsorvido à superfície do transportador. A quantidade de metal catalítico está vantajosamente abaixo de 10 % do peso total do catalisador. Conforme indicado acima, na presente invenção o paládio é o metal catalítico preferido.

[0053] Nas modalidades do processo de acordo com a invenção, o metal catalítico é depositado ou absorvido em um transportador catalisador de hidrogenação típico, tal como um transportador de sílica, um transportador de alumina ou um transportador de sílica-alumina. É preferido o uso de um transportador de alumina, ou um transportador substancialmente com base em alumina para o metal catalítico usado em mini-processos AO, porque uma vez que é observado um aumento da produção específica de peróxido de hidrogênio quando comparada com a utilização de transportadores feitos apenas de sílica. Esse é especialmente o caso para um mini-processo AO de acordo com a invenção se estiver usando um regime de fluxo de formação de espuma da solução de trabalho em um reator de hidrogenação de leito gotejante. Mas se acredita que pode ser observado um aumento similar na produção específica de peróxido de hidrogênio quando transportadores de alumina em outros mini-processos AO usando um reator de leito gotejante, por exemplo, como um reator de bolhas dispersas.

[0054] A etapa de hidrogenação no processo cíclico de antraquinona pode ser efetuada continuamente e podem ser usados reatores de hidrogenação convencionais, tais como por exemplo, reatores de tanque agitado, reatores de fluxo tubular, reatores de leito fixo, reatores de ciclo ou reatores de bomba de ar comprimido. Opcionalmente, os reatores podem ser equipados com dispositivos de distribuição, tais como, por exemplo, misturadores estáticos ou bicos de injeção, para distribuir o hidrogênio na solução de trabalho. A hidrogenação é tipicamente efetuada a uma temperatura na escala de 20 a 100 C, especialmente de preferência 45 a 75 C. A pressão está, de preferência, na escala de 0,1 MPa a 1 MPa (absoluto), particularmente preferivelmente de 0,2 MPa a 0,5 MPa (absoluto). A hidrogenação é tipicamente efetuada de tal forma que o hidrogênio introduzido no reator de hidrogenação é, em termos práticos, inteiramente consumido na etapa de hidrogenação. A quantidade de hidrogênio é de preferência escolhida de modo que entre 30 e 80 % da quantidade total de reagente é convertida a partir da forma de quinona para a forma de hidroquinona. Embora, em alguns dos processos AO no estado da arte, seja usada como reagente, uma mistura de alquilantraquinonas e alquil-tetrahidroantraquinonas, a presente invenção não utiliza essas misturas, mas apenas alquilantraquinonas, e a quantidade de hidrogênio é de preferência escolhida de modo que na fase de hidrogenação as alquilantraquinonas sejam apenas convertidas na forma de hidroquinona e não sejam formadas alquil-tetrahidroantraquinonas.

[0055] O gás de hidrogenação no processo de acordo com a invenção pode ser hidrogênio ou o hidrogênio pode ser diluído em um gás inerte. O termo gás inerte pretende designar um gás que não reage com a solução de trabalho, incluindo a alquilantraquinona, nem com o catalisador de hidrogenação ou a alquil-hidroantraquinona produzida. Exemplos desses gases inertes são, em especial, os gases raros, o dióxido de carbono, gases fluorados, tais como HFA e nitrogênio. O nitrogênio tem dado bons resultados. A proporção de gás inerte na mistura de gás que contém hidrogênio pode variar na escala de cerca de 0,5 a 99 % e, de preferência, na escala de cerca de 10 a 40 %.

[0056] A presença de um gás inerte, é vantajosa, tendo em vista a possibilidade de recircular algum gás. A recirculação de algum gás pode ser desejável de modo a garantir um bom e adequado funcionamento dos sistemas de bombagem envolvidos no processo para conferir o gás de hidrogenação no reator de hidrogenação. Além disso, a utilização de um gás inerte, para a diluição de hidrogênio pode ser vantajosa para uma variedade de diferentes regimes de fluxo da solução de trabalho. Assim, se acredita que os gases inertes podem ser vantajosamente usados para a diluição de hidrogênio em um reator de hidrogenação de leito gotejante com uma solução de trabalho de formação de espuma e também sob outros padrões de fluxo, por exemplo, tais como aqueles já mencionados acima: "gotejamento", "pulsar", "pulverização", "bolha" e "bolha dispersa". A temperatura predominante no reator de hidrogenação será regulada de modo a otimizar a seletividade e a produtividade em relação à hidrogenação da solução de trabalho. A temperatura estará geralmente na escala de cerca de 20 C (ambiente) até 100 C. Em uma modalidade preferida do processo de acordo com a invenção, a etapa de hidrogenação é efetuada a uma temperatura na escala de cerca de 45 a 75 C . Se uma solução de trabalho de formação de espuma for utilizada na etapa de hidrogenação do processo da presente invenção, através da diluição de hidrogênio com um gás inerte (gás raro, nitrogênio, dióxido de carbono, gás fluorado) a estabilidade da espuma da solução de trabalho e do gás de hidrogênio pode ser consideravelmente melhorada, tornando assim mais fácil controlar a hidrogenação, isto é, a introdução da solução de trabalho e a quantidade requerida de hidrogênio, bem como a pressão de gás. Assim, o risco de colapso da espuma, enquanto a solução de trabalho de formação de espuma está a passar através do leito do catalisador e, concomitantemente, está a ocorrer o consumo de hidrogênio, é minimizada no reator de hidrogenação. Além disso, na presença de um gás inerte, é observado um aumento da estabilidade da atividade catalítica.

[0057] Após a hidrogenação do composto de trabalho dissolvido na solução de trabalho, a próxima etapa do processo do mini-processo AO de duas fases é a etapa de oxidação. Na etapa de oxidação, os compostos de trabalho hidrogenados, ou

seja, as alquil-hidroantraquinonas, são oxidados usando oxigênio, ar, ar oxigenado, ou um composto contendo oxigênio adequado a fim de produzir peróxido de hidrogênio e a restaurar o composto de trabalho para a sua forma original. O peróxido de hidrogênio produzido na etapa de oxidação é em seguida removido da solução de trabalho, tipicamente através de extração com água, e a restante solução de trabalho, que contém as alquilantraquinonas na sua forma original, é reciclada para a etapa de hidrogenação, para dar de novo início ao processo.

[0058] A oxidação pode ser efetuada de uma forma convencional, conforme é conhecido para o processo AO. Os reatores de oxidação típicos conhecidos para o processo cíclico de antraquinona podem ser usados para a oxidação. São frequentemente utilizados reatores de bolhas, através dos quais o gás contendo oxigênio e a solução de trabalho são passados no sentido da corrente ou em contracorrente. Os reatores de bolhas podem estar livre de dispositivos internos ou de preferência conter dispositivos internos, na forma de embalagem ou placas de crivo. A oxidação é pode ser efetuada a uma temperatura na escala de 30 a 70 C, particularmente a 40 a 60 C. A oxidação é normalmente efetuada com um excesso de oxigênio, de modo que, de preferência mais de 90 %, particularmente mais de 95 %, das alquil-antraquinonas contidas na solução de trabalho na forma de hidroquinona são convertidas para a forma de quinona.

[0059] Por exemplo, a oxidação pode ser efetuada em um mini reator de canal, mas também podem ser aplicadas outras formas de reatores, por exemplo, tal como CSTR (reator de tanque com agitação contínua). O mini reator de canal confere a vantagem de ser muito compacto, e de apresentar um bom desempenho, por exemplo, em termos de seletividade e produtividade. Opcionalmente, o mini reator de canal ou outros tipos de reatores podem ter sido submetidos a medidas de proteção contra a corrosão, antes de serem colocados em produção e/ou durante a produção. Em vista da etapa de extração após a oxidação, a adição de água pode ser aparentemente benéfica no mini-processo AO.

[0060] No processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a invenção, o peróxido de hidrogênio é extraído com

água a partir da solução de trabalho oxidada. A etapa de extração pode ser efetuada de um modo convencional conforme conhecido para os processos para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de Riedel-Pfleiderer e das suas variantes. Na fase de extração do processo a solução de trabalho oxidada, que contém o peróxido de hidrogênio na forma dissolvida, é extraída com uma solução aquosa de forma a produzir uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa e uma solução de trabalho oxidada, que em termos práticos já não contém qualquer peróxido de hidrogênio. A água desionizada, que opcionalmente também contém aditivos para a estabilização do peróxido de hidrogênio, para ajuste do pH e/ou para proteção da corrosão, é de preferência utilizada como o agente de extração para extrair o peróxido de hidrogênio. A extração é tipicamente efetuada em um extrator conhecido por si próprio, por exemplo, em contra-corrente, em uma coluna de extração contínua ou, de preferência, sendo usadas colunas de placa de crivo. Em uma modalidade preferida da invenção, a etapa de extração é efetuada com uma quantidade tal de água de modo a resultar em uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa contendo uma concentração predeterminada de peróxido de hidrogênio, que é adequada para ser diretamente utilizada em uma aplicação industrial especificada.

[0061] De acordo com a invenção, a extração pode ser efetuada subsequentemente à oxidação em uma unidade de extração separada ou, opcionalmente, a extração pode ser iniciada ou efetuada já durante a etapa de oxidação, se a etapa de oxidação for efetuada na presença de água adicionada para a unidade de oxidação. Essa última é referida como "extração óxido" e pode ser, por exemplo, efetuada conforme descrito nos documentos EP 0726227 (Kemira) ou WO 2010/109011 (Solvay). Assim, a invenção também se refere a um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO, em que a etapa de extração é efetuada, pelo menos parcialmente, já durante a fase de oxidação através da realização da etapa de oxidação na presença de água adicionada para a unidade de oxidação.

[0062] Por exemplo, o documento EP 0726227 (Kemira) descreve uma

preparação de peróxido de hidrogênio através do processo de antraquinona, que envolve a oxidação hidrogenada da solução de trabalho orgânica e a extração do peróxido de hidrogênio em solvente aquoso, no mesmo recipiente antes da recuperação através da separação de fases. Assim, o peróxido de hidrogênio é preparado através do processo da antraquinona, no qual a solução de trabalho hidrogenada, um gás contendo oxigênio e um solvente de extração aquoso são introduzidos na mesma zona de reação de modo a formar uma mistura de três fases e a reação de oxidação ocorre na solução de trabalho para formar peróxido de hidrogênio, que transfere para a solução aquosa. A separação de fases é então efetuada para recuperar o peróxido de hidrogênio aquoso. Também é reivindicado o uso do processo em paralelo com um processo de peróxido de hidrogênio convencional. Quando a oxidação e extração são efetuadas simultaneamente no mesmo recipiente, desse modo, pode ser reduzido o custo de capital de uma nova fábrica ou pode ser aumentada a produção de uma fábrica já existente.

[0063] Como um outro exemplo, o documento WO 2010/109011 (Solvay) descreve um processo de formação de peróxido de hidrogênio, que envolve a hidrogenação de uma solução de trabalho compreendendo uma quinona, oxidando o composto de hidroquinona para se obter o peróxido de hidrogênio, e separando opcionalmente o peróxido de hidrogênio durante a oxidação. A solução de trabalho compreende menos do que 30 % em peso de solvente orgânico, e a produção de peróxido de hidrogênio através desse processo é útil em, por exemplo, aplicações têxteis, de branqueamento de celulose e de papel, ambientais e outras. O método produz peróxido de hidrogênio, sem o uso de adjunção substancial de um solvente(s) orgânico(s), que produz(em) emissões indesejáveis e é notoriamente perigoso, devido ao risco de explosão, e é eficaz em termos de custos.

[0064] Na tecnologia padrão para a extração de peróxido de hidrogênio é usado um tabuleiro crivo convencional, e também aplicável no mini-processo AO de acordo com a invenção (altura reduzida). Alternativamente, o peróxido de hidrogênio pode ser extraído usando um mini extrator de canal, (estrutura de alheta serrilhada), ou também pode ou adicionalmente envolver a tecnologia de membrana.

Opcionalmente, são novamente efetuadas medidas de proteção contra a corrosão, por exemplo, através da utilização de materiais de aço inoxidável para o projeto do extrator. No entanto, para o propósito da invenção, a extração é mantida tão simples e compacta quanto possível. De acordo com o mini-processo AO de acordo com a invenção, o peróxido de hidrogênio é extraído a partir da solução de trabalho em baixa concentração, por exemplo, no mini-processo AO de acordo com a invenção, é tida como objetivo uma concentração de peróxido de hidrogênio de 10 a 15 %, e o fornecimento do produto em bruto de 10 a 15 % de peróxido de hidrogênio pode ser diretamente utilizado em uma aplicação industrial de usuário final como branqueamento de celulose e papel, branqueamento têxtil, ou reciclagem de papel. O mini-processo AO da invenção não envolve nem pretende envolver qualquer maior concentração da solução de peróxido de hidrogênio extraído e, assim, por exemplo, a destilação não é necessária ou aplicada, uma vez que para a maioria das aplicações de peróxido de hidrogênio serão aplicadas em uma concentração abaixo de 15 %. A fim de minimizar as operações, a diluição para a concentração efetiva normalmente ocorre dentro da própria aplicação, através da adição da quantidade apropriada de uma solução concentrada mais elevada, por exemplo de acordo com a presente invenção, o fornecimento do produto em bruto geralmente de 10 a 15 % de peróxido de hidrogênio. Conforme explicado acima, o peróxido de hidrogênio é usado em várias concentrações, dependendo da aplicação, por ex., em uma variedade de aplicações de peróxido de hidrogênio é usado em uma concentração de aproximadamente 1-15 por cento. Alguns exemplos particulares de tais concentrações de peróxido de hidrogênio são, dependendo do tipo de aplicação industrial: branqueamento de celulose 2-10 %; oxidação de águas residuais 1-5 %; produtos de consumo de limpeza de superfície 1-8 %.

[0065] No processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a invenção, o peróxido de hidrogênio é extraído a partir da solução de trabalho oxidada com uma quantidade tal de água de modo a resultar em uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa contendo uma concentração predeterminada de peróxido de hidrogênio, que é adequada para ser diretamente

utilizada em uma aplicação industrial especificada. Assim, de acordo com o processo do invento é conferida uma solução de peróxido de hidrogênio em bruto em uma concentração pronta para utilização em uma aplicação industrial. A solução de peróxido de hidrogênio em bruto resultante é rapidamente adequada para o uso no local hospedeiro, por exemplo, como agente de branqueamento na indústria de celulose e do papel ou no local hospedeiro da indústria têxtil, ou em um local com aplicações de mineração e ambientais. Assim, a concentração de peróxido de hidrogênio em soluções aquosas resultantes da etapa de extração de acordo com a invenção pode especialmente ser ajustada às necessidades do usuário final, no local hospedeiro (satélite), e a concentração pode estar na escala de até 15 por cento, de preferência na escala de 2-15 por cento, mais preferencialmente de 5-15 por cento, e o mais preferido na escala de 10-15 por cento. Outras escalas adequadas para a solução de peróxido de hidrogênio em bruto resultante do mini-processo AO de acordo com a invenção pode ser de 2-5 por cento, 2-6 por cento, 2-7 por cento, 2-8 por cento, 2-9 por cento, 2-10 por cento, 2-11 por cento, 2-12 por cento, 2-13 por cento, 2-14 por cento, 2-15 por cento; 3-6 por cento, 3-7 por cento, 3-8 por cento, 3-9 por cento, 3-10 por cento, 3-11 por cento, 3-12 por cento, 3-13 por cento, 3-14 por cento, 3-15 por cento; 4-6 por cento, 4-7 por cento, 4-8 por cento, 4-9 por cento, 4-10 por cento, 4-11 por cento, 4-12 por cento, 4-13 por cento, 4-14 por cento, 4-15 por cento; 5-6 por cento, 5-7 por cento, 5-8 por cento, 5-9 por cento, 5-10 por cento, 5-11 por cento, 5-12 por cento, 5-13 por cento, 5-14 por cento, 5-15 por cento; 6-7 por cento, 6-8 por cento, 6-9 por cento, 6-10 por cento, 6-11 por cento, 6-12 por cento, 6-13 por cento, 6-14 por cento, 6-15 por cento; 7-8 por cento, 7-9 por cento, 7-10 por cento, 7-11 por cento, 7-12 por cento, 7-13 por cento, 7-14 por cento, 7-15 por cento; 8-9 por cento, 8-10 por cento, 8-11 por cento, 8-12 por cento, 8-13 por cento, 8-14 por cento, 8-15 por cento; 9-10 por cento, 9-11 por cento, 9-12 por cento, 9-13 por cento, 9-14 por cento, 9-15 por cento; 10-11 por cento, 10-12 por cento, 10-13 por cento, 10-14 por cento, 10-15 por cento; 11-12 por cento, 11-13 por cento, 11-14 por cento, 11-15 por cento; 12-13 por cento, 12-14 por cento, 12-15 por cento; 13-14 por cento, 13-15 por cento, ou 14-15 por cento.

[0066] A seguir às etapas "essenciais" do mini-processo AO de acordo com a invenção conforme descrito acima, o processo também pode compreender um número de etapas "auxiliares" típicas. (Por exemplo, controle de acidez da WS; facilidade de hidrogênio disponível no local remoto/satélite). No entanto, de acordo com o conceito de um processo descentralizado simplificado ou satélite remoto em um local do usuário final, o número de etapa do processo auxiliar é mantido no mínimo possível e, geralmente, está limitado à necessidade mínima de operar continuamente o mini-processo AO na fábrica satélite tão simples quanto possível, mas também tão robusto e estável ao longo de períodos conforme indicado acima, sem intervenções físicas ou muito técnicas na fábrica satélite durante os referidos períodos.

[0067] Tipicamente, o ciclo de síntese do processo AO convencional para a produção de peróxido de hidrogênio e as fases de processamento de peróxido são dependentes de um número de processos auxiliares. Assim, o mini-processo AO de acordo com a presente invenção também pode compreender processos auxiliares, mas o número e complexidade desses processos auxiliares é mantido no mínimo. Os processos auxiliares no contexto da presente invenção se referem à disponibilidade de hidrogênio que é necessária para a etapa de hidrogenação. Por isso, uma fábrica de hidrogênio ou hidrogênio como um subproduto de outro processo deve estar disponível no local do mini-processo AO. Pode haver algum laboratório com a finalidade de conferir informações sobre o desempenho do processo e para efetuar testes de controle de qualidade do peróxido de hidrogênio. Essa informação é utilizada pelo pessoal das operações para controlar o ciclo na adição e no suporte dos instrumentos online que é usado para medir a operação do ciclo de síntese, em cada fase do processo.

[0068] Outro processo auxiliar é a regeneração da solução de trabalho, mas que não faz parte dos processos auxiliares no local do mini-processo AO. A regeneração da solução de trabalho é requerida periodicamente, porque as etapas de hidrogenação e oxidação geram não só peróxido produzindo antrahidroquinonas, mas também alguns subprodutos. Esses subprodutos incluem espécies de

antraquinona que através da regeneração podem ser convertidas de volta em quinonas úteis. Durante o processo de regeneração de uma fábrica do processo AO convencional, uma corrente lateral da solução de trabalho é introduzida através de uma unidade de reversão e de desidrogenação. A regeneração converte antraquinonas epoxidizadas e tetrahydroantraquinonas nas suas antraquinonas correspondentes, o que é requerido nos processos AO em grande escala convencionais antes da solução de trabalho ou apenas uma parte do fluxo total da solução de trabalho é re-circulada no hidrogenador. Reversão significa conversão de certos subproduto de espécies de antraquinona, como antraquinonas e tetrahydroantraquinonas epoxidadas, de volta em antraquinonas úteis. No entanto, de acordo com o mini-conceito AO da invenção, a reversão não é efetuada da forma convencional, mas apenas intermitentemente conforme descrito acima ou periodicamente, por exemplo, depois de operar a solução de trabalho durante períodos de vários meses, conforme descrito neste documento. Depois desse prazo a solução de trabalho ou é retirada do mini-processo AO e renovada em um local diferente, por exemplo, fábrica de produção de peróxido de hidrogênio de escala similar ou de preferência uma de maior escala, ou tratada em uma unidade de reversão móvel transportada no local, ou alternativamente, sem ser retirada do mini-sistema de reator AO é tratada in situ, sob condições especiais, no próprio mini-sistema de reator AO, e desse modo, a solução de trabalho usada é substituída por uma nova e/ou regenerada. Se a distância de transporte e logística permitir economicamente, a reversão (regeneração) atual da solução de trabalho retirada do mini-processo AO é, então, efetuada em uma unidade de reversão de uma fábrica convencional de grande escala para o fabrico de peróxido de hidrogênio.

[0069] O processo descrito de acordo com a presente invenção tem as vantagens de poder lidar adequadamente com necessidades específicas de um usuário final no que se refere ao uso de soluções de peróxido de hidrogênio, por exemplo, as quantidades requeridas em determinados momentos de produção, a concentração e a qualidade dos mesmos, nos seus próprios processos industriais, enquanto, ao mesmo tempo o processo de acordo com a invenção requer menos

etapas de processo por foco nas principais etapas essenciais no local do usuário final, menos peças de equipamento, menor atenção de gestão, e menos manutenção quando comparado com os processos de produção de peróxido de hidrogênio convencionais de grande escala. Assim, com a presente invenção, é obtido um processo de produção de peróxido de hidrogênio eficaz o qual é economicamente viável, mesmo quando efetuado em pequena a média escala. Por isso, a presente invenção constitui uma melhoria considerável sobre os processos conhecidos para produzir peróxido de hidrogênio, e, em particular, as soluções de peróxido de hidrogênio aquosas prontamente adequadas para aplicação industrial dos usuários finais.

[0070] Para a realização do mini-processo AO de acordo com a presente invenção os seguintes parâmetros, mas sem limitação, são considerados importantes:

[0071] As taxas de fluxo no processo de: hidrogênio, oxigênio e água desmineralizada para a extração;

[0072] A taxa de fluxo da solução de trabalho: para o hidrogenador e para o oxidante; e a taxa de fluxo reciclada da solução de trabalho para o hidrogenador e o oxidante;

[0073] As taxas de fluxo das utilidades tais como vapor e água de refrigeração: em que a escala das referidas taxas de fluxo pode variar de acordo com a capacidade da mini-fábrica AO para a produção de peróxido de hidrogênio.

(d) A pressão: desgaseificador do hidrogenador (isto é, 0,5 barg a cerca de 5 barg), desgaseificador oxidante (isto é, de 0,5 a cerca de 5 barg).

(e) A temperatura: saída do hidrogenador (40 ~ 65 °C), saída do oxidante (40 ~ 55 °C).

(f) Nível de interface: coluna de extração, coalescente; e as suas respectivas características de função e/ou desempenho.

(g) A pressão diferencial: filtração de hidrogenação (isto é, 0 a cerca de 1 barg); coluna de hidrogenação (isto é, 0 a cerca de 2 barg); coluna oxidante (isto é, de 0 a cerca de 0,5 barg).

[0074] Na realização e monitoração do mini-processo AO de acordo com a invenção, o foco é nas etapas de hidrogenação e/ou oxidação, que são as duas etapas críticas do processo no fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com a invenção, em particular em relação à produtividade da solução de trabalho, enquanto a etapa de extração é menos crítica a relação a esse aspecto. Por exemplo, mas sem limitação ao mesmo, a produtividade da solução de trabalho é um parâmetro importante e irá determinar por exemplo a taxa de fluxo da solução de trabalho e outros parâmetros, dependendo da dimensão (capacidade) de produção do mini-processo ou fábrica AO, com uma capacidade máxima de até 20.000 toneladas métricas por ano, por exemplo, entre 2.000 e 20.000 toneladas métricas de peróxido de hidrogênio por ano, de preferência entre 2.000 e 15.000 toneladas métricas de peróxido de hidrogênio por ano, e de maior preferência entre 2.000 e 10.000 toneladas métricas de peróxido de hidrogênio por ano e, particularmente, entre 2.000 e 5.000 toneladas métricas de peróxido de hidrogênio por ano. Em geral, a produtividade é definida como a quantidade de peróxido de hidrogênio produzida com determinada quantidade de solução de trabalho (WS) e expressa em gramas (g) de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) por quilograma (kg) de solução de trabalho. Por exemplo, os processos de auto-oxidação do estado atual da técnica operam com produtividades de cerca de 7-15 g H_2O_2 /kg de WS. Assim, a produtividade da solução de trabalho no mini-processo AO também é medida como a quantidade em peso (g) de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) por quantidade por peso (kg) da solução de trabalho. Como um exemplo, mas sem limitação, o mini-processo AO pode ser efetuado com uma produtividade inferior do que a produtividade do estado atual da técnica em uma fábrica de grande a mega escala; por exemplo, essa produtividade pode ser de 5 g de H_2O_2 /kg de WS. Em outro exemplo, em um mini-processo ou fábrica AO com uma escala de produção de 1 ktpa a produtividade deve render em termos de produção cerca de 140 kg de H_2O_2 por hora.

[0075] Surpreendentemente, foi agora descoberto que o objetivo da invenção de um processo de pequena a média escala simplificado e de fácil manipulação pelo usuário é realizado quando é utilizado um sistema de reator para a fabricação de

peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO que não possui uma unidade de regeneração para reversão cíclica periódica e/ou contínua da solução de trabalho. A presente invenção, portanto também se refere a um sistema de reator para a realização de um processo para o fabrico de peróxido de hidrogênio através do processo AO, em que o referido sistema de reator contém uma solução de trabalho de pelo menos uma alquilantraquinona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico, a referida pelo menos uma alquilantraquinona sendo capaz de ser hidrogenada até pelo menos um correspondente composto alquilantrahidroquinona, e o referido pelo menos um composto alquilantrahidroquinona sendo capaz de ser oxidado para se obter peróxido de hidrogênio e para reverter novamente para o pelo menos alquilantraquinona, caracterizado pelo fato de o sistema de reator ser projetado como um sistema de reator modular e compacto (e quase completamente fechado) de uma unidade de hidrogenação contendo um catalisador de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração, e ainda caracterizado pelo fato de o referido sistema de reator (mini-fábrica AO) ser desprovido de uma unidade de regeneração ou reversão permanente para reversão cíclica contínua e/ou periódica da solução de trabalho, e em que o sistema reator é configurado de forma a operar sem essa unidade de regeneração ou reversão permanente, como um sistema de reator do processo AO de pequena a média escala com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 20 quilotoneladas por ano, preferencialmente com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 15 quilotoneladas por ano, e mais preferencialmente com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 10 quilotoneladas por ano, e em particular de até 5 quilotoneladas por ano.

[0076] Essa mini-fábrica AO, por exemplo, um sistema de reator, de acordo com a presente invenção está bem adaptada para a realização do processo de acordo com a invenção para o fabrico de peróxido de hidrogênio em pequena a média escala de produção, conforme descrito acima. Conforme referido, a mini-fábrica AO ou o sistema de reator compreende, pelo menos, uma unidade de hidrogenação (hidrogenador), uma unidade de oxidação (oxidante), e uma unidade de extração

(extrator), e pode ainda compreender, se necessário e adequadamente instalados e comunicando para o propósito do fabrico de peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO, um ou vários equipamentos selecionados a partir de sistemas de bombeamento, válvulas, tubos, recipientes, compressores, sistema de aquecimento e arrefecimento, escoamentos, meios para fornecimento de energia e meios para medição de pressão, temperatura, taxa de fluxo, densidade, viscosidade, atividade catalítica, acidez, pureza, concentração, produtividade de peróxido de hidrogênio ou outros parâmetros do processo relevantes para a produção de peróxido de hidrogênio de acordo com o processo AO, mas em que a referida mini-fábrica AO ou sistema de reator é caracterizada pelo fato de ser desprovida de uma unidade de regeneração para reversão cíclica e contínua da solução de trabalho.

[0077] A referida mini-fábrica AO é tão compacta quanto possível. Se nota que a mini-fábrica AO de acordo com a presente invenção não compreende uma unidade para reversão (regeneração) da solução de trabalho ou uma unidade para a reativação do catalisador de reativação, respectivamente, uma vez que, de acordo com a invenção, a reversão da solução de trabalho e/ou a regeneração do catalisador de hidrogenação não faz parte do fabrico contínuo de peróxido de hidrogênio de pequena a média escala. Assim, por exemplo, de acordo com o conceito mini-AO da invenção, a reversão não é efetuada de forma convencional, mas apenas intermitentemente, conforme descrito acima ou periodicamente, por exemplo, depois de utilizar a solução de trabalho durante períodos de vários meses, conforme descrito neste documento, em um local diferente, por exemplo, uma fábrica de produção de peróxido de hidrogênio de escala similar ou de preferência uma de escala maior. Alternativamente, a solução de trabalho é tratada em uma unidade de reversão móvel transportada no local, ou em uma outra alternativa, é tratada no local sob condições especiais no próprio mini-sistema de reator AO sem ser retirada do mini-sistema de reator AO.

[0078] A mini-fábrica AO para realizar o processo de acordo com a presente invenção tem a vantagem de ser compacta, uma vez que foram eliminadas algumas etapas do processo, que são efetuadas em processos AO convencionais, ou são

agora efetuadas em equipamento mais simples, ou etapas do processo como a reversão da solução de trabalho são agora executadas de uma forma mais economicamente e tecnicamente viável apenas intermitentemente ou periodicamente e separadamente das principais etapas de produção de peróxido de hidrogênio, normalmente em uma unidade de reversão móvel ou em uma fábrica mãe distante de grande a mega escala, em que são facilmente fornecidas infraestruturas otimizadas e operação por pessoal qualificado a uma multiplicidade de mini-fábricas AO descentralizadas que podem estar localizadas em, por exemplo um local do cliente ou do usuário final. Assim, em uma modalidade preferida da invenção, a referida fábrica mãe distante de grande a mega escala deve conferir uma unidade central de reversão e processo para a regeneração intermitente ou periódica da solução de trabalho e/ou das instalações para a reativação intermitente ou periódica do catalisador de hidrogenação da mini-fábrica AO satélite.

[0079] A presente invenção tem um número de características e vantagens únicas, em relação a ambos os aspectos, o mini-processo AO ea mini-fábrica AO. Assim, a invenção satisfaz vantajosamente os requisitos para uma produção de pequena a média escala, por exemplo, para uma produção de mini escala, na escala de 2.000 a 10.000 toneladas métricas por ano de peróxido de hidrogênio (mini-fábricas com capacidade de produção de 2 a 10 ktpa) em qualquer local onde o gás hidrogênio está disponível, por exemplo, a partir de outros processos de produção. Por isso, a invenção pode ser efetuada perto ou em um local de um cliente de peróxido de hidrogênio, com a única condição prévia de que o hidrogênio esteja disponível no local, e idealmente que o hidrogênio esteja disponível no local como um subproduto e a baixo custo. Em relação à reversão da solução de trabalho e/ou a reativação do catalisador de hidrogenação o mini-processo AO pode ser efetuado em uma mini-fábrica AO "satélite", que é diferente e distante de um local de produção de peróxido de hidrogênio convencional de grande a mega escala. Mas a mini-fábrica AO satélite estará relacionada com esse local de produção de peróxido de hidrogênio de grande a mega escala que funciona como uma fábrica-mãe, em suporte da referida fábrica satélite. A mini-fábrica AO satélite é de design compacto,

por exemplo, é de preferência modular e o reator e as configurações estão organizados como sistema quase completamente fechado de forma a conferir um mini-processo AO simples e robusto para a fábrica "satélite". A mini-fábrica AO satélite é operada por, pelo menos parcialmente, um pequeno número de funcionários formados dedicados a partir e em estreita cooperação com uma distante fábrica "mãe" (grande a mega escala). Desse modo, é assegurada a confiança da química do processo e o seu controle, bem como a monitoração dos parâmetros de processo relacionados, a fim de conduzir um processo estável e robusto, sem formação substancial de subprodutos. Além disso, uma importante vantagem da presente invenção é a ausência de uma unidade de reversão na fábrica satélite, por exemplo a reversão ou a regeneração da solução de trabalho é periodicamente necessária e pode ser executada na fábrica "mãe", onde estão centralizadas as competências químicas e dos processos ou em uma reversão móvel unida operada por pessoal treinado a partir da fábrica "mãe". Consequentemente, é necessário menor pessoal de laboratório e o mini-processo AO, a reversão da solução de trabalho e a reativação do catalisador podem ser efetuados de forma mais econômica. Assim, a invenção confere uma fábrica satélite de fácil utilização com intervenção mínima na fábrica satélite durante um certo período de tempo, conforme o processo e a fábrica da invenção é concebida para produzir peróxido de hidrogênio para uso direto no local satélite ou do usuário final. Uma vantagem particular da invenção é que o mini-processo AO pode ser efetuado com um catalisador e uma combinação de solução de trabalho de tanto tempo como até pelo menos 12 meses de operação, sem intervenção física e/ou a química. Por exemplo não deve ser requerida a reversão da solução de trabalho de melhor desempenho, por exemplo, durante a média de 3, 6, 9 ou 12 meses de ciclos realizados. A solução de trabalho e o desempenho do catalisador e o sistema de gestão de preferência se baseiam na tecnologia da Solvay conforme descrito nas partes introdutórias desta descrição da invenção, permitindo que o mini-processo AO seja efetuado sem a formação do tetra produto não desejado, e sem unidade de reversão instalada. Por isso, o catalisador e/ou a solução de trabalho vai ser substituído apenas periodicamente. Outra

vantagem é que o mini-processo AO e a produtividade são suportados a partir de uma fábrica mãe de forma a manter otimamente a produtividade pelo pessoal especializado a partir dessa fábrica central, e que também a reativação do catalisador ótima e a regeneração solução de trabalho são garantidas na referida fábrica mãe central ou através de reversão móvel unida operada por pessoal treinado a partir da fábrica "mãe".

[0080] Outra vantagem é que o mini-processo AO pode ser operado como um sistema quase fechado. Por isso, não é requerido qualquer sistema de efluentes ou tratamento na fábrica satélite, uma vez que o efluente principal do processo AO é provocado por e proveniente da reversão ou da regeneração da solução de trabalho. Isto é vantajoso para o funcionamento no local do cliente, por causa do baixo impacto ambiental e técnico aquando da operação do mini-processo AO. No entanto, é normalmente requerida uma fábrica-mãe, por exemplo, uma fábrica de escala maior, para apoiar a fábrica satélite, em particular nos casos em que uma unidade móvel de reversão não é suficiente, a referida fábrica-mãe, confere de seguida, uma unidade de reversão central para a regeneração amigas do meio ambiente e periódica da solução de trabalho da mini-fábrica AO. No entanto, isso é compensado pelo fato de a solução de trabalho poder ser regenerada na fábrica mãe de uma forma mais eficiente e tendo menor impacto no ambiente.

[0081] Além disso, não é requerida qualquer destilação de peróxido de hidrogênio e a baixa concentração de peróxido de hidrogênio em bruto está pronta para ser utilizada na aplicação dos clientes, por exemplo, em branqueamento de celulose e papel, na indústria da mineração ou na reciclagem de papel. Essa é uma vantagem da produção de peróxido de hidrogênio no local de um usuário final (cliente) consumindo peróxido de hidrogênio, uma vez que o mini-processo AO pode evitar a destilação, que é geralmente efetuada em fábricas de grande escala para a conversão do peróxido de hidrogênio em uma forma concentrada mais apropriada por razões de transporte. Por exemplo, a concentração de peróxido de hidrogênio no processo de larga escala convencional é geralmente de 40 %, destilado e transportado com uma concentração de 50 a 70 %. Contrariamente, o objetivo para

o mini-processo AO de acordo com a invenção é uma concentração de 10 - 15 % de peróxido de hidrogênio.

[0082] De um ponto de vista do processo químico, o mini-processo AO de acordo com a presente invenção compreende as mesmas etapas principais que um processo convencional de produção em larga escala.

[0083] No entanto, devido à redução da escala e à simplificação do processo efetuada com vista à operação de fácil utilização no local do cliente com intervenção local substancialmente reduzida, o processo difere do estado da técnica uma vez que estão a faltar uma unidade de reversão instalada no local para a regeneração da solução de trabalho e meios para a reativação do catalisador de hidrogenação e não são requeridos durante ciclos de produção longos de até mesmo 12 meses.

[0084] O processo produz diretamente peróxido de hidrogênio em concentrações requeridas para a sua aplicação pelo cliente, por exemplo, para branqueamento na indústria da celulose e do papel ou na indústria de mineração. Normalmente, a concentração de peróxido de hidrogênio requerida nessas aplicações industriais, é uma solução de até 15 % de peróxido de hidrogênio em água. Por exemplo, a concentração para essas aplicações está tipicamente na escala de 10 a 15 % de solução de peróxido de hidrogênio. A concentração pode ser facilmente adaptada para outra solução de baixa concentração através da simples regulação da quantidade de água que é utilizada para extrair o peróxido de hidrogênio a partir da solução de trabalho oxidada.

[0085] Embora a invenção tenha sido descrita com referência a detalhes da modalidade ilustrada, esses pormenores não pretendem limitar o âmbito da invenção conforme definido nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO compreendendo as duas etapas essenciais alternantes de

(a) hidrogenação de uma solução de trabalho em uma unidade de hidrogenação na presença de um catalisador, em que a referida solução de trabalho contém pelo menos uma alquilantraquinona dissolvida em pelo menos um solvente orgânico, de modo a obter pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona correspondente; e

(b) oxidação do referido pelo menos um composto de alquilantrahidroquinona para obter peróxido de hidrogênio em uma unidade de oxidação; e compreendendo adicionalmente a etapa de

(c) extração do peróxido de hidrogênio formado na etapa de oxidação em uma unidade de extração,

caracterizado pelo fato de que as etapas de hidrogenação, oxidação e extração são realizadas em um sistema de reator que é concebido como um sistema modular e compacto de uma unidade de hidrogenação, uma unidade de oxidação e uma unidade de extração, e em que o referido sistema de reator é configurado para operar sem uma unidade de reversão para reversão contínua e reversão cíclica periódica da solução de trabalho, como um processo AO de pequena a média escala com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 20 ktpa, em que a solução de trabalho e o catalisador são, cada um independente um do outro, substituídos e/ou tratados para regeneração ou reativação apenas intermitentemente ou periodicamente após períodos de 3 a 12 meses no ciclo das etapas (a), (b) e (c) do processo AO.

2. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido sistema de reator está configurado para operar com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio de até 15 ktpa, preferencialmente de até 10 ktpa, mais preferencialmente de até 5 ktpa.

3. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do

processo AO de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o sistema de reator está configurado para operar com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio na faixa de 2 a 15 ktpa, preferencialmente na faixa de 2 a 10 ktpa, mais preferencialmente na faixa de 2 a 5 ktpa.

4. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o sistema de reator está configurado para operar como um processo AO de pequena a média escala com uma capacidade de produção de peróxido de hidrogênio em qualquer faixa selecionada dentre 2 a 3 ktpa, 3 a 5 ktpa, 5 a 7,5 ktpa, 7,5 a 10 ktpa, 10 a 12,5 ktpa, ou 12,5 a 15 ktpa, preferencialmente em qualquer faixa selecionada dentre 2 a 3 ktpa, 3 a 5 ktpa, 5 a 7,5 ktpa ou 7,5 a 10 ktpa.

5. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a solução de trabalho é substituída por uma solução de trabalho nova e/ou por uma solução de trabalho renovada que foi removida do sistema de reator e tratada para reversão antes de reencher o reator com a solução de trabalho tratada.

6. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a solução de trabalho renovada que foi removida do sistema de reator é tratada para reversão em uma unidade móvel para a regeneração de solução de trabalho para o processo AO.

7. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de extração é realizada pelo menos parcialmente já durante a etapa de oxidação ao realizar a etapa de oxidação na presença de água adicionada à unidade de oxidação.

8. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4 e/ou 7,

caracterizado pelo fato de que a etapa de extração é realizada com uma quantidade de água suficiente para resultar em uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa contendo uma concentração predeterminada de peróxido de hidrogênio que é adequada para ser diretamente utilizada em uma aplicação industrial específica.

9. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a etapa de extração é realizada com uma quantidade de água suficiente para resultar em uma solução de peróxido de hidrogênio aquosa com uma concentração de peróxido de hidrogênio na faixa de até 15 por cento (% em peso), preferencialmente na faixa de 2 a 15 por cento, mais preferencialmente na faixa de 5 a 15 por cento, e de maior preferência na faixa de 10 a 15 por cento.

10. Processo para a fabricação de peróxido de hidrogênio através do processo AO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a solução de trabalho e/ou o catalisador são substituídos e/ou tratados para regeneração ou reativação apenas intermitentemente ou periodicamente após períodos de pelo menos 6 meses, preferencialmente de pelo menos 9 meses.