

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2010.08.20	(73) Titular(es): BASF SE CARL-BOSCH-STRASSE 38 67056 LUDWIGSHAFEN	DE
(30) Prioridade(s): 2009.08.31 EP 09169016		
(43) Data de publicação do pedido: 2012.07.11	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: 2015.01.14 028/2015	LEO DENISSEN	BE
	ECKHARD STROEFER	DE
	JAN-DIRK ARNDT	DE
	TORSTEN MATTKE	DE
	KERSTIN HEINEN	DE
	(74) Mandatário: NUNO MIGUEL OLIVEIRA LOURENÇO RUA CASTILHO, Nº 50 - 9º 1269-163 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **MÉTODO DE PRODUÇÃO DE MONONITROTOLUENO**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO CONTÍNUA DE UM COMPOSTO ORGÂNICO MONONITRADO, E, DE MODO ESPECIAL, A UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE MONONITROBENZENO. A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO, DE MODO PARTICULAR, A UM PROCESSO ADIABÁTICO CONTÍNUO MELHORADO PARA A PRODUÇÃO DE NITROBENZENO.

RESUMO

"MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE MONONITROTOLUENO"

A presente invenção diz respeito a um processo para a produção contínua de um composto orgânico mononitrado, e, de modo especial, a um processo para a produção de mononitrobenzeno. A presente invenção diz respeito, de modo particular, a um processo adiabático contínuo melhorado para a produção de nitrobenzeno.

DESCRIÇÃO
"MÉTODO DE PRODUÇÃO DE MONONITROTOLUENO"

A presente invenção diz respeito a um processo para a produção contínua de um composto orgânico mononitrado, e, de modo especial, a um processo para a produção de mononitrobenzeno. A presente invenção diz respeito, de modo especial, a um processo adiabático contínuo melhorado para a produção de nitrobenzeno.

Há já muito tempo que são conhecidos processos para a nitração de aromáticos, e, de modo especial, para a nitração de benzeno, os quais há já muitos anos que são realizados comercialmente, com vista a produzir, por exemplo, mononitrobenzeno, o qual é utilizado, de modo particular, para a produção de anilina. Por via de regra, a produção de nitrobenzeno envolve a adição de ácido nítrico e de ácido sulfúrico ao benzeno. Esta nitração tanto pode ter lugar no intervalo térmico compreendido entre os 60 e os 70 °C, mediante a derivação do calor produzido pela reação, como pode ser levada a cabo em condições adiabáticas. Para fazer com que a reação seja desencadeada, é feita a mistura de ácido nítrico com ácido sulfúrico, à qual é adicionada, de forma doseada, benzeno, o qual reage com o ácido nítrico, resultando em água e, essencialmente, em nitrobenzeno.

A zona de reação na qual tem lugar a conversão de benzeno e de ácido nítrico pode ser constituída por um conjunto de reatores perfeitamente agitados ou por um reator tubular, sendo que, para que a reação seja desencadeada, é necessário que tenha lugar uma boa mistura. Em face do exposto, é dada preferência

à utilização de um reator tubular no qual estejam instalados vários elementos dispersantes, distribuídos ao longo de todo o comprimento do reator tubular, os quais assegurem uma mistura intensa do benzeno com o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água. Um reator deste tipo está descrito, por exemplo, no documento WO 2001/64333 A2.

A mistura de reação que é obtida após a reação, e que está essencialmente isenta de ácido nítrico, é alimentada a um dispositivo de separação de fases, no qual se formam duas fases, em que a primeira é designada por nitro benzeno bruto e é essencialmente constituída por nitrobenzeno, benzeno e uma quantidade de ácido sulfúrico e de água dissolvidos em nitrobenzeno, e em que a segunda fase é designada por ácido residual, e é essencialmente constituída por água, ácido sulfúrico e nitrobenzeno diluído em ácido sulfúrico.

Uma vez que, durante a conversão, a fase ácida e a fase do benzeno não podem ser misturadas, tanto as velocidades de reação, quanto os rendimentos espaciotemporais são grandemente limitados pela transferência de massa entre as fases, isto é, pela capacidade de expor umas às outras zonas de superfícies de interface de cada uma das fases. Quando as zonas de superfícies de interface são ampliadas, a velocidade de reação entre as fases regista um aumento. Nas instalações comuns de produção de nitrobenzeno, estas zonas de superfícies de interface são conseguidas através da conversão dos componentes participantes na reação num ou em vários recipientes já misturados, nos quais são exercidas forças de cisalhamento elevadas sobre os líquidos.

Durante a nitração industrial do benzeno, e além do produto principal, ou seja, do nitrobenzeno, são igualmente obtidos inúmeros produtos secundários numa ordem de grandeza compreendida entre as algumas centenas de partes por mil e os alguns milhares de partes por mil. Os produtos secundários obtidos podem ser subdivididos em dois grupos: os benzenos várias vezes submetidos a nitração e os produtos secundários fenólicos, que podem ter sido submetidos a nitração tanto uma única vez, quanto mais vezes. Como benzenos submetidos a nitração várias vezes são obtidos os isómeros dinitrobenzenos 1,2-dinitrobenzeno, 1,3-dinitrobenzeno e 1,4-dinitrobenzeno. Os produtos secundários fenólicos formados são os fenóis nitrados isoméricos 2-nitrofenol, 3-nitrofenol e 4-nitrofenol. São também obtidos os fenóis desnitrados isoméricos 2,4-dinitrofenol e 2,6-dinitrofenol, bem como o 2,4,6-trinitrofenol (ácido pícrico), três vezes submetido a nitração. Pese embora os produtos secundários só estejam presentes em concentrações reduzidas, devido à sua toxicidade elevada e à sua ecotoxicidade, por um lado, e aos custos elevados associados à sua separação, pelo outro, eles dão azo a uma maior despesa aquando do tratamento das águas residuais e do produto, pelo que exercem uma influência negativa muito grande na economia do processo de obtenção de nitrobenzeno.

Regra geral, para reduzir a incidência dos produtos secundários anteriormente referidos, é utilizado um excesso de benzeno assim como um reator concebido de uma forma especial, para suprimir, de modo particular, a formação de benzenos submetidos a mais do que uma nitração. Para esse efeito é proposto no documento WO 01/46433 A2, por exemplo, que seja utilizado um reator tubular no qual zonas de dispersão

alternem com zonas de repouso. Contudo, este reator apresenta a desvantagem de ter lugar uma separação muito forte das fases (sedimentação) nas zonas de repouso do reator, o que leva a que seja necessária uma mistura que consome muita energia dos vários reagentes individuais nas zonas de dispersão subsequentes.

A presente invenção tem por objetivo a disponibilização de um processo para a produção contínua de aromáticos nitrados, de modo especial para a produção de nitrobenzeno, que possa ser levado a cabo num reator tubular de conceção simples, que produza um volume final elevado e que, simultaneamente, produza uma quantidade reduzida de produtos secundários.

Trata-se de um objetivo que é satisfeito por meio de um processo para a produção contínua de aromáticos nitrados através da conversão de, pelo menos, um aromático com uma mistura que contém um ácido nítrico, um ácido sulfúrico e água, e que abrange os passos

(a) alimentação do pelo menos um aromático e da mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, por qualquer sequência, a um reator tubular, reator tubular esse que dispõe de diversos tubos em curva dispostos na vertical, com um ângulo de deflexão no intervalo compreendido entre os 160° e os 200° , estando os referidos tubos dispostos ao longo de todo o comprimento do reator a uma distância que está compreendida entre 30 a 70 vezes o diâmetro do reator, dispondo ainda o dito reator de diversos elementos de mistura estáticos, que estão dispostos de modo a que

numa primeira parte do reator tubular predominem condições de acordo com as quais o número de Bodenstein assumia um valor, ou valores, inferior a 5,

e de modo a que numa segunda parte do reator predominem condições de acordo com as quais o número de Bodenstein assumia um valor, ou valores, superior a 5;

(b) conversão do pelo menos um aromático e da mistura que contém ácido nítrico, ácido sulfúrico e água no reator, em condições adiabáticas, a fim de obter uma mistura de reação, e

(c) separação da mistura de reação obtida no passo (b) após realização da reação numa fase orgânica e numa fase aquosa.

Surpreendentemente, chegou-se à conclusão de que, mediante o recurso ao processo concebido de acordo com a presente invenção, se tornava possível produzir compostos mononitrados aromáticos, e, de modo especial, nitrobenzeno, em maior quantidade e com uma percentagem menor de produtos secundários, sem que tivessem de ser utilizados reatores caros e complicados.

Através da utilização do reator tubular, que dispõe de diversos tubos em curva dispostos na vertical, com um ângulo de deflexão no intervalo compreendido entre os 160 ° e os 200 °, e, de preferência, com um ângulo de deflexão de 180 °, tubos em curva esses que estão dispostos ao longo de todo o comprimento do reator a uma distância que está compreendida entre 30 e 70 vezes, e, de preferência, entre 60 e 40 vezes, e, a que é dada uma preferência muito especial, entre 45 e 55 vezes o diâmetro do reator, consegue alcançar-se, com um custo

praticamente mínimo no que diz respeito aos dispositivos empregues, bem como com uma alimentação de energia reduzida, uma mistura muito eficaz dos materiais iniciais utilizados, do pelo menos um aromático e da mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, o que faz com que, simultaneamente, seja alcançado, de forma vantajosa, um efeito de dispersão elevado, e, por conseguinte, uma velocidade de reação elevada. Pelo conceito "tubos em curva dispostos na vertical" entende-se, no âmbito da presente invenção, um tubo em curva que está posicionado de modo a ficar vertical em relação ao fundo, e que, por conseguinte, promove a redispersão da mistura de duas fases. De forma particularmente vantajosa, enquanto flui pelo tubo em curva vertical, a mistura de duas fases é misturada de forma muito eficaz com um custo mínimo no que diz respeito aos dispositivos empregues.

A disposição dos tubos em curva no reator tubular é feita em função das condições da reação. De acordo com uma forma de realização da presente invenção, o reator tubular é dividido pelos tubos em curva em entre 6 e entre 18 câmaras, e, a que é dada uma especial preferência, entre 10 e entre 12 câmaras. De acordo com outra forma de realização da presente invenção, os tubos em curva estão dispostos de modo equidistante uns em relação aos outros ao longo de todo o comprimento do reator tubular.

Além disso, o reator tubular no qual o processo concebido de acordo com a presente invenção é levado a cabo engloba ainda vários elementos de mistura estáticos, dispostos de tal modo a que, em conjugação com os tubos em curva, numa primeira parte do reator tubular predomine uma retromistura elevada, e de

modo a que numa segunda parte do reator de tubo predomine uma retromistura mais reduzida. O comprimento da primeira parte do reator tubular, na qual predomina uma retromistura elevada, equivale a entre 20 % e entre 40 % do comprimento total do reator tubular, sendo dada preferência a que corresponda a entre 25 % e entre 35 % do comprimento total do reator tubular, correspondendo o comprimento da segunda parte do reator tubular, na qual predomina uma retromistura menor, a entre 60 % e entre 80 %, e, de preferência, a entre 65 % e entre 75 % do comprimento total do reator tubular. Neste caso, os elementos de mistura estáticos estão dispostos de modo a que, nas secções correspondentes, predominem as condições definidas acima. Por "retromistura elevada" entende-se, no âmbito da presente invenção, que nesta parte do reator predominam condições nas quais o número Bodenstein assume um valor, ou valores, inferior a 5. Por "retromistura menor" entende-se, no âmbito da presente invenção, que nesta parte do reator predominam condições nas quais o número Bodenstein assume um valor, ou valores, superior a 5. A disposição dos tubos em curva e dos elementos de mistura estáticos pode ser levada a cabo pelos peritos nessa matéria, com base nos seus conhecimentos, de modo a que nas zonas correspondentes do reator predominem as condições correspondentes.

Como elementos de mistura estáticos o reator tubular dispõe, de preferência, de aberturas e, de modo especial, de aberturas dispostas de forma desencontrada, de recheios e de fundos com aberturas adequadas. Na medida em que as temperaturas de reação elevadas registadas durante a implementação do processo adiabático e as substâncias agressivas nele utilizadas são muito exigentes para o material dos fundos, nestas condições é

utilizado para os fundos um material praticamente inerte, sendo dada uma preferência muito especial à utilização de fundos feitos de aço inoxidável ou de tântalo, bem como à utilização de materiais cerâmicos ou revestidos.

Os fundos atuam como elementos de dispersão e dispõem de aberturas. Estas aberturas podem ser constituídas por fendas, orifícios ou perfurações. É dada uma preferência especial a que essas aberturas sejam constituídas por perfurações, uma vez que a sua realização é particularmente fácil de levar a cabo. No entanto, podem ser selecionados outros tipos de aberturas. De acordo com uma forma de realização da presente invenção, demonstrou ser vantajoso utilizar fundos concebidos como fundos perfurados. Neste caso, os fundos perfurados apresentam vários furos, os quais, de acordo com uma forma de realização da presente invenção, estão distribuídos de forma simétrica ou uniforme pela superfície do fundo.

De acordo com outra forma de realização da presente invenção, estes fundos perfurados apresentam zonas nas quais, partindo de uma distribuição uniforme dos furos por unidade de superfície, está prevista uma menor quantidade de furos por unidade de superfície.

De acordo com uma forma de realização da presente invenção a que é dada uma preferência muito particular, provou ser vantajoso, no âmbito do processo concebido de acordo com a presente invenção, recorrer a fundos, ou utilizar fundos, que, além dos furos, também dispusessem de reentrâncias triangulares e/ou retangulares e/ou pentagonais e/ou hexagonais ou segmentadas. Neste caso, essas reentrâncias

estão distribuídas, de preferência de forma uniforme, por uma parte da superfície do fundo, enquanto as reentrâncias estão dispostas noutra parte da superfície do fundo, distribuídas por ela. De acordo com outra forma de realização da presente invenção, as reentrâncias triangulares e/ou retangulares e/ou pentagonais e/ou hexagonais ou segmentadas só estão parcialmente recortadas com um punção, e reconhecem-se pelo facto de os recortes com um punção se arquearem a partir do plano do fundo, de preferência na direcção do fluxo, e servirem de placas de condução do fluxo. A utilização de fundos como os acima descritos tem como resultado uma mistura particularmente vantajosa dos materiais iniciais empregues no processo concebido de acordo com a presente invenção.

De preferência, o reator utilizado no âmbito do processo concebido de acordo com a presente invenção está posicionado na vertical e dispõe de uma extremidade inferior e de uma extremidade superior. Na sua extremidade inferior, o reator dispõe de, pelo menos, uma possibilidade de alimentação, para a entrada dos reagentes, do pelo menos um aromático e da mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, e, na sua extremidade superior, o reator dispõe de, pelo menos, uma possibilidade de extração, para remoção da mistura da reacção. De acordo com uma forma de realização da presente invenção, a alimentação dos reagentes tem lugar mediante o recurso a, pelo menos, uma bomba. Numa forma de realização preferencial, o reator dispõe igualmente de possibilidades de alimentação para as fases orgânica e aquosa, as quais tornam possível uma alimentação nas várias câmaras que se encontram no interior do reator.

Os componentes participantes na reação podem ser alimentados ao reator seja em conjunto, seja individualmente ou ainda como misturas de dois ou de três deles, quer em simultâneo, quer sucessivamente. De acordo com uma forma de realização da presente invenção, os componentes participantes na reação podem ser introduzidos no reator da forma descrita acima por meio de um ou de mais pontos de alimentação, como, por exemplo, por meio de um ou de mais bocais.

Para que a reação dê resultado é de somenos importância a sequência e a composição em que o ácido nítrico e o aromático, bem como o ácido sulfúrico e a água, são misturados uns com os outros, conquanto a mistura de reação resultante, após a mistura total, apresente a composição de acordo com a presente invenção.

Com vista a evitar um fluxo invertido indesejado ao longo de todo o reator provocado pelos elementos de montagem, e, de modo especial, pelos fundos, são preferencialmente utilizados fundos no reator tubular que produzam uma perda de pressão compreendida entre os 0,05 e os 3 bar por fundo. É dada uma preferência especial a que, para a mononitração adiabática de aromáticos sejam utilizados fundos que produzam uma perda de pressão compreendida entre os 0,05 e os 1 bar, e, a que é dada uma preferência muito especial, entre os 0,08 e os 0,8 bar. De preferência, a perda de pressão por fundo deverá ser mantida tão reduzida quanto possível, na medida em que, para a disponibilização de uma perda de pressão mais elevada, é necessária, por exemplo, uma bomba de maior potência, o que, por sua vez, iria dar origem a custos mais elevados associados a todo o processo.

Segundo uma forma de realização da presente invenção, a alimentação dos materiais iniciais tem lugar por meio de, pelo menos, um ponto de alimentação que permite alimentar os materiais iniciais/componentes participantes na reação ao reator tubular de modo a ficarem sujeitos a uma mistura elevada. De acordo com uma forma de realização da presente invenção, nesse caso o pelo menos um aromático pode ser alimentado ao reator tubular através de um ponto de alimentação, como, por exemplo, de um bocal, e a mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água pode ser alimentada a esse mesmo reator tubular através de um outro ponto de alimentação, como, por exemplo, de um bocal, e, de acordo com uma forma de realização preferencial, o pelo menos um aromático, bem como a mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, podem ser alimentados simultaneamente através de um ponto de alimentação, como, por exemplo, de um bocal, ao reator tubular. Em conformidade com uma outra forma de realização preferencial da presente invenção, a mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água é alimentada ao reator tubular por meio de vários pontos de alimentação, como, por exemplo, por meio de vários bocais, que estão instalados no reator tubular de modo a ficarem distribuídos por todo o seu comprimento.

O ou os bocais que, de acordo com uma forma de realização preferencial da presente invenção, são utilizados no âmbito do processo concebido de acordo com a presente invenção, são já conhecidos dos peritos da área da tecnologia de reatores. O ideal será o bocal ser concebido de modo a poder alimentar um fluxo turbulento, como uma camada de transição divergente, que

produza um padrão divergente (cone total) de pequenas gotas, e que tanto possa transmitir um elemento de movimento rotativo às pequenas gotas referidas acima, quanto não. Os padrões de fluxo do tipo acima descrito podem ser obtidos através da utilização de bocais que já são conhecidos da tecnologia utilizada na secagem por pulverização. O ideal será o bocal dispor de paredes internas, ou de outros meios, que definam uma ou mais passagens tangenciais ou helicoidais, a fim de que seja criado um fluxo de saída radial (helicoidal), que se sobreponha a um fluxo divergente linear, a fim de produzir um fluxo helicoidal resultante, que se destine a reforçar a dispersão da pequena gota que é formada na saída. É dada preferência a que o bocal apresente um ângulo de cone de saída igual ou inferior a 70 °.

As alimentações que são utilizadas no âmbito do processo concebido de acordo com a presente invenção são já conhecidas dos peritos da área da tecnologia de reatores. Será dada preferência a que a alimentação seja concebida de modo a produzir logo uma mistura prévia. O que pode ser alcançado por meio da utilização seja de diversos bocais de mistura, já conhecidos dos peritos nesta matéria, seja ainda pela utilização de misturadores estáticos ou de uma peça em "T".

A velocidade de fluxo linear através da alimentação, e, de modo especial, através do bocal, está tipicamente compreendida entre entre os 5 e os 50 m/s e, em média, são obtidos tamanhos de gotas compreendidos entre os 10 e os 1000 μm .

A mistura dos componentes participantes na reação na alimentação, ou seja, no reator, tem lugar no intervalo

térmico compreendido entre os 20 e os 110 °C, e, de preferência, no intervalo térmico compreendido entre os 40 e os 100 °C, sendo dada especial preferência a que tenha lugar no intervalo térmico compreendido entre os 55 e os 95 °C. São mantidas condições de reação adiabáticas. A temperatura final depende de quão alta é a temperatura de mistura, da relação de quantidades dos componentes participantes na reação e do rendimento; regra geral, essa temperatura não ultrapassa os 140 °C, não ultrapassando, na maior parte dos casos, os 130 °C.

Os compostos aromáticos que podem ser utilizados na presente invenção, são, por exemplo, o benzeno, o tolueno, o clorobenzeno, a naftalina e a antraquinona. De acordo com uma forma de realização preferencial, o composto aromático empregue é o benzeno.

A percentagem de ácido nítrico na mistura constituída por ácido nítrico, ácido sulfúrico e água, tendo em conta o total de ácido nítrico, ácido sulfúrico e água, está compreendida entre os 1 e os 8 % de peso, e, de preferência, entre os 2 e os 6 % de peso, e, a que é dada particular preferência, entre os 2,5 e os 4 %. O ácido nítrico pode ser utilizado numa forma pautada por uma concentração elevada ou numa forma em ebulição azeotrópica, sendo, porém, dada preferência à forma de "ácido nítrico" mais económica disponível, com cerca de 60 a 65 % de peso.

O teor de ácido sulfúrico na mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, tendo em conta o total de ácido nítrico, ácido sulfúrico e água, está compreendida entre

os 58 e os 74 % de peso, e, de preferência, entre os 60 e os 70 % de peso, e, a que é dada particular preferência, entre os 64 e os 67 %.

O remanescente até aos 100 % de peso é constituído por água. Para este efeito, esta água pode ser utilizada como água de diluição do ácido sulfúrico, como água de diluição do ácido nítrico ou em diversas das formas referidas anteriormente. Numa forma de realização a que é dada particular preferência, a água presente na mistura é água de diluição seja do ácido sulfúrico, seja do ácido nítrico.

Regra geral, a relação molar do pelo menos um aromático, e, de modo especial, do benzeno, em relação ao HNO_3 está compreendida entre 0,9 e 1,5. A fim de minimizar a formação de aromáticos indesejados, submetidos a várias nitrações, e, de modo especial, de benzeno submetido a várias nitrações, é dada preferência a que a relação molar do aromático em relação ao ácido nítrico esteja compreendida entre 1,0 e 1,5, e, de modo especial, entre 1,03 e 1,3, e, a que é dada uma preferência muito especial, entre 1,05 e 1,2. No caso da produção de nitrobenzeno, a fórmula da reação do processo concebido de acordo com a presente invenção é a seguinte: $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{O}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$.

Desta forma, e de acordo com uma forma de realização preferencial da presente invenção, são introduzidos benzeno e HNO_3 no processo e são removidos mononitrobenzeno e água, enquanto a mistura de $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$ descrita representa o meio em que a reação tem lugar. Na medida em que, aquando da realização técnica, são utilizados, de forma vantajosa, ácidos

nítricos diluídos, para além da remoção da água da reação, é igualmente necessário remover a água de diluição do ácido nítrico.

Em seguida vai ser descrita a velocidade de fluxo dos componentes participantes na reação. Na medida em que a velocidade de fluxo ideal dos componentes participantes na reação depende de diversos fatores, como, por exemplo, o tamanho do reator e as condições da reação, não nos é aqui possível generalizar, porém, no caso de um reator tubular com um diâmetro interno compreendido entre os 50 e os 350 mm, regra geral a velocidade linear no tubo está compreendida entre os 0,20 e os 3,00 m/s, e, de preferência, entre os 0,5 e os 1,5 m/s. O tempo de permanência dos componentes participantes na reação no reator tubular depende tanto das condições da reação, quanto do reator tubular, estando, contudo, normalmente compreendido entre os 0,5 minutos e os cinco minutos, e, de preferência, entre os 0,5 minutos e os 2 minutos. Por via de regra, a pressão registada no reator está compreendida entre os 2 e os 5 bar abs. Isto garante que o benzeno, em prevalecendo as condições térmicas, esteja presente sob a forma de um líquido.

O comprimento e o diâmetro interno do reator tubular dependem dos parâmetros do processo, estando, regra geral, o comprimento do reator tubular compreendido entre os 2,5 e os 300 m, e, de preferência, entre os 25 e os 200 m, e, a que é dada particular preferência, entre os 100 e os 150 m. O diâmetro interno do reator também pode variar num intervalo grande, estando, regra geral, compreendido entre os 50 e os

350 mm, e, de preferência, entre os 100 e os 300 mm, e, a que é dada especial preferência, entre os 150 e os 280 mm.

No passo (c), a mistura de reação que sai do reator tubular é separada numa fase orgânica e numa fase ácida num separador. A fase ácida separada é novamente concentrada mediante o recurso a meios ou a dispositivos já bem conhecidos, como é o caso, por exemplo, de um evaporador a vácuo, para o que se recicla o calor produzido pela reação e pela mistura e, se for necessário, se volta a utilizá-lo. A partir da fase orgânica, o composto nitrado aromático pode ser limpo, para o que se removem as impurezas nele contidas mediante a utilização de processos que são normalmente realizados quando se procede à nitração de um composto aromático, como é o caso da lavagem e da destilação.

O exemplo que se segue explica o processo concebido de acordo com a presente invenção.

Exemplo 1

Num reator tubular com um diâmetro interno $d = 200$ mm e um comprimento de $L = 130$ m é convertido benzeno com uma mistura de ácidos de nitração constituída por 65 % de H_2SO_4 , 3 % de HNO_3 e 36 % de água, a uma temperatura inicial de $T = 90$ °C, em condições adiabáticas, equivalendo o excedente molar de benzeno a 10 %. O reator está equipado com, no total, 15 elementos de mistura estáticos, dos quais 7 estão instalados no primeiro terço, 5 estão instalados no segundo terço e 3 estão instalados no terceiro terço do volume do reator. Perante um tempo de permanência de $t = 1,5$ min é alcançada um rendimento de nitroaromáticos de 97 %. A percentagem de

componentes secundários fenólicos está compreendida entre as 1000 e as 5000 ppm. Se, além disso, o reator estiver equipado com 12 tubos em curva com um raio de 180 °, distribuídos de forma uniforme ao longo do comprimento do reator, o rendimento regista um aumento para 98 %, podendo a percentagem de componentes secundários fenólicos ser reduzida em 10 %.

Lisboa, 29 de Janeiro de 2015

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a produção contínua de aromáticos nitrados através da conversão de, pelo menos, um aromático com uma mistura que contém um ácido nítrico, um ácido sulfúrico e água, e que abrange os passos

(a) alimentação do pelo menos um aromático e da mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água, por qualquer sequência, a um reator tubular, reator tubular esse que dispõe de diversos tubos em curva dispostos na vertical, com um ângulo de deflexão no intervalo compreendido entre os 160 ° e os 200 °, e que estão instalados ao longo de todo o comprimento do reator a uma distância que está compreendida entre 30 a 70 vezes o diâmetro do reator, dispondo ainda o dito reator de diversos elementos de mistura estáticos, que estão dispostos

de modo a que numa primeira parte do reator tubular predominem condições de acordo com as quais o número de Bodenstein assuma um valor, ou valores, inferior a 5,

e de modo a que numa segunda parte do reator tubular predominem condições de acordo com as quais o número de Bodenstein assuma um valor, ou valores, inferior a 5,

- (b) conversão da mistura da reação num reator em condições adiabáticas, a fim de ser obtida uma mistura da reação, e
- (c) separação da mistura de reação obtida no passo (b) após realização da reação numa fase orgânica e numa fase aquosa.
2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os elementos de mistura estáticos serem selecionados entre recheios, placas perfuradas, aberturas e misturadores estáticos.
3. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado por a mistura que contém o ácido nítrico, o ácido sulfúrico e a água ser alimentada ao reator tubular por meio de diversos pontos de alimentação dispostos de modo a ficarem distribuídos ao longo do comprimento do reator tubular.
4. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por a relação molar entre o aromático e o ácido nítrico ser superior a de 1,0 a 1,5, e, de preferência, ser superior a de 1,03 a 1,3.
5. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado por o reator tubular ser subdividido em entre 6 e entre 18 câmaras pelos tubos em curva.
6. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado por o pelo menos um aromático ser selecionado

entre o benzeno, o tolueno, o clorobenzeno, a naftalina e a antraquinona.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por o pelo menos um aromático ser o benzeno.

Lisboa, 29 de Janeiro de 2015