



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102021021814-2 A2

(22) Data do Depósito: 29/10/2021

(43) Data da Publicação Nacional:
23/05/2023

(54) Título: DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA PARA UTILIZAÇÃO EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MEDIADA POR FILMES FINOS

(51) Int. Cl.: B01J 8/02; B01J 19/12; B01J 35/00.

(52) CPC: B01J 8/02; B01J 19/122; B01J 35/004.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) Inventor(es): JOSE HUMBERTO DIAS DA SILVA; LUCAS CANIATI ESCALIANTE; KLEPER DE OLIVEIRA ROCHA.

(57) Resumo: DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA PARA UTILIZAÇÃO EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MEDIADA POR FILMES FINOS. O presente pedido de patente trata-se de um dispositivo multirreator em batelada para utilização em fotocatalise heterogenea com filmes finos para testes e ensaios envolvendo poluentes dissolvidos em meio líquido. Esse dispositivo é composto por múltiplos reatores envolto por um compartimento por onde água passa para resfriamento dos conteúdos dos reatores, que podem ser usados simultaneamente e independentemente. O presente invento tem seu uso em escala laboratorial, com possibilidade de escalonamento para escalas comerciais/industriais, voltado para tratamento de efluentes e águas contaminadas através de fotocatalisadores depositados em substratos sólidos.



DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA PARA UTILIZAÇÃO EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MEDIADA POR FILMES FINOS

INTRODUÇÃO

[001] A presente invenção se trata de um dispositivo multirreator em batelada para utilização em fotocatalise heterogênea por meio de incidência de radiação em superfícies sólidas recobertas com filmes finos para testes e ensaios envolvendo poluentes dissolvidos em meio líquido. Esse dispositivo é composto por múltiplos reatores envoltos por um compartimento por onde água passa para resfriamento dos conteúdos dos reatores que podem ser usados simultaneamente e independentemente.

CAMPO DE APLICAÇÃO

[002] O presente invento tem seu uso, em escala laboratorial, com possibilidade de aplicação em escala comercial/industrial, voltado para tratamento de efluentes e águas contaminadas através de fotocatalisadores depositados em substratos sólidos.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] A fotocatalise vem ganhando atenção crescente desde a descoberta do fenômeno, por Fujishima e Honda em 1972. Desde então, TiO_2 é o composto mais estudado para a avaliação da degradação fotocatalítica, e um grande número de reportes a respeito tem sido publicado em diversas áreas, que vão desde utilizações em remediação ambiental, autolimpeza de superfícies, purificação e descontaminação de água e efluentes, até a geração de hidrogênio.

[004] Sendo as questões ambientais um tema central, o crescimento populacional está intimamente ligado ao esgotamento dos recursos naturais e ao aumento da poluição em todo o mundo. Neste contexto, a fotocatalise apresenta-se como uma tecnologia promissora por envolver processos oxidativos avançados para degradação de poluentes no meio ambiente até sua mineralização, podendo substituir técnicas mais convencionais que, geralmente, apenas modificam as fases destes elementos, causando poluição secundária, resíduos geração e necessidade de tratamentos posteriores.

[005] Embora a técnica seja promissora e cada vez mais conhecida, ainda não é amplamente utilizada comercialmente. Ainda há tecnologias arcaicas muito difundidas que são ambientalmente incorretas, porém mais baratas.

[006] O processo oxidativo avançado, descrito como o mecanismo pelo qual a fotocatalise pode oxidar poluentes, baseia-se, principalmente, na irradiação de luz com energia superior ao *bandgap* do material. Durante essa irradiação, os elétrons da banda de valência do material semiconductor são excitados e passam a ocupar a banda de condução, deixando buracos na banda de valência. Nesse momento, então, é criado um par elétron-buraco.

[007] Durante esta excitação, elétrons livres na banda de condução são responsáveis pelas reações de redução dos poluentes e os buracos na banda de valência são responsáveis pelas reações de oxidação desse poluente.

[008] Os filmes finos podem ser produzidos a partir de diferentes técnicas, cada uma com suas peculiaridades e complexidades, como sol-gel, deposição química mediada por vapores, evaporação por feixe de elétrons, laser pulsado e pulverização catódica.

[009] Para fins industriais e comerciais, pode-se citar como a principal vantagem dos filmes finos em relação aos pós o fato de que se pode inserir e retirar o fotocatalisador de maneira simples, não sendo necessário nenhum tipo de mecanismo para separar e coletar o pó do sistema, nem ao menos criar outra operação unitária com essa finalidade. Assim, esse dispositivo multirreator foi criado para suprir a necessidade de se efetuar fotocatalise com fotocatalisadores em forma de filme.

[010] A Tabela 1 mostra a comparação da porcentagem de degradação nos respectivos tempos, para os quatro reatores funcionando simultaneamente e independentemente. E por fim, a figura 3 mostra a quantidade de moléculas em função do tempo de exposição à irradiação a luz UV utilizando-se os reatores planejados.

Tabela 1 - Tabela comparativa da porcentagem de degradação da matéria orgânica em relação ao tempo de teste efetuado

Degradação (%)	Inicial	90 minutos	180 minutos	1800 minutos
Solução Controle	0	2.68	11.2	96.6
TiO₂/SiO₂	0	42.9	71.7	97.2

TiO₂/Si	0	34.0	61.8	96.8
TiO₂/LAO	0	23.3	46.2	98.1

[011] A Patente BR 10 2017 002122 0 A2 relata a invenção de um reator composto por um tubo de vidro, modificado com composto químico com propriedade fotocatalítica e uma bomba de água para manter o fluxo de água dentro do recipiente. Na patente PI 0701773-1 B1 também é mostrado que a invenção se trata de um reator tubular longitudinal fotocatalítico que trabalha em fluxo contínuo. Ademais, a patente PI 0303988-9 A2 também se refere a um reator que possui tubo de quartzo no centro do reator e lâmpadas em seu interior.

[012] Dentre os citados acima, todos diferem do presente invento por se tratar de reatores contínuos e dentre eles, um ainda apresenta as paredes do mesmo impregnados por materiais fotocatalíticos, um outro trabalha com fotocatalisadores em forma de pós e apenas um deles citam deposições em substratos, mas difere do presente trabalho. Assim, todos os reatores citados diferem em geometrias, formas de trabalho (contínuo ao invés de batelada), não conseguem trabalhar com multi amostras e nenhum foi desenvolvido especificamente para trabalhar com filmes finos, imersos em solução, apoiados em suportes dentro dos reatores para priorização da fotocatalise.

DIFERENCIAL

[013] O invento trata de múltiplos reatores que possuem reações independentes, mas funcionam simultaneamente, dando mais liberdade ao usuário em fazer testes fotocatalíticos em várias amostras, simultaneamente, oferecendo maior reprodutibilidade dos resultados encontrados.

[014] Além disso, outro diferencial do presente invento é que os reatores possuem abas superiores na parte interna dos reatores para elevação dos filmes, visando maximizar o efeito de fotocatalise do material utilizado, minimizando as interferências dadas pela fotocatalise.

[015] Ademais, todos os reatores citados nos trabalhos vistos referem-se a fluxos contínuos. Em nenhum dos trabalhos vistos os reatores funcionam em batelada, ou seja, quando há a inserção de uma quantidade específica de solução contendo

poluente e esta não é circulada por um sistema, mantém-se fixo no reator enquanto durar a reação de fotocatalise.

[016] E por fim, há grandes diferenças na configuração geométrica do presente invento, pois este se trata de tanques que recebem irradiação sobre eles (por cima), diferentemente dos inventos encontrados que mostram, geralmente, irradiações vindas do centro de um tubo e a fotocatalise ocorrendo em volta.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO E DAS FIGURAS

[017] A invenção se refere a um dispositivo multirreator para uso em fotocatalise heterogênea mediada por superfícies sólidas recobertas por filmes finos constituído de um reservatório para passagem de água ao redor de múltiplos reatores para degradação fotocatalítica de soluções. Primeiramente, tem-se um compartimento por onde água passa para resfriar externamente os reatores que fazem parte do dispositivo. Para testar o conceito construiu-se um reator experimental, cuja geometria foi representada nas Figuras 1, 2 e 3.

[018] A Figura 1 apresenta a vista lateral do dispositivo multirreator juntamente à entrada e saída de água do sistema;

A Figura 2 apresenta a vista lateral com vista interna dos reatores dispostos no dispositivo. Item A destacado refere-se à vista lateral do sistema de elevação dos filmes que se encontra dentro de quatro reatores

A Figura 3 apresenta a vista superior do dispositivo mostrando os quatro reatores que trabalham simultaneamente. O item B destacado refere-se à vista superior do sistema de elevação dos filmes que se encontra dentro dos quatro reatores

[019] Para que haja praticidade nas conexões do dispositivo com o sistema de água que terá origens externas, no reator teste, estas foram feitas com engates rápidos para facilitar a montagem e desmontagem do dispositivo. Há duas conexões, uma para a entrada e outra para a saída da água que se escoam pelo compartimento. Tais conexões são feitas paralelas ao eixo horizontal para evitar turbulências dentro do dispositivo.

[020] Na parte superior do compartimento cilíndrico por onde passa a água, estão acomodados os reatores cilíndricos independentes, conforme pode ser visto na Figura

3, que possuem o mesmo dimensionamento e volume, e que podem ser utilizados simultaneamente para dar mais praticidade e reprodutibilidade aos resultados.

[021] Os reatores cilíndricos são abertos em sua parte superior, não possuem conexões com a água que apenas passará por fora para resfriar as soluções e não possuem saídas e entradas de solução, fazendo-se que o dispositivo torne os reatores do tipo batelada, como pode ser visualizado pelas Figuras 1 e 2. Para esse funcionamento, então, as soluções e materiais fotocatalíticos são inseridos pela parte superior, a única aberta para tirar e colocar elementos nos reatores.

[022] Os reatores, em sua parte superior interna, a cerca de 30% de distância abaixo do limite dos mesmos, possuem suportes fixos ao longo de todo o diâmetro do reator para que os materiais fotocatalíticos em forma de filmes finos sólidos inseridos sejam apoiados nessa parte superior (Figuras 2 e 3 – marcações A e B), elevando as amostras, com o intuito de diminuir a incidência da fotólise, priorizando os efeitos de fotocatalise, para aumentar a incidência de fótons pelo fato dos filmes estarem dispostos quase na superfície das soluções e para dar espaço, no fundo do reator, para a inserção de agitadores magnéticos que fazem a agitação da água para ter mais contato com o material fotocatalisador.

DESVANTAGENS

[023] Embora a técnica seja promissora e cada vez mais conhecida, ainda não é amplamente utilizada comercialmente. Limitação essa, por exemplo, quanto a utilização em volumes superiores à capacidade de produção do filme fino. Ou ainda, pois existem tecnologias arcaicas muito difundidas que são ambientalmente incorretas, porém mais baratas.

CONCORRENTES

[024] Trata-se de uma tecnologia em pleno crescimento e desenvolvimento. Na fotocatalise, que é uma técnica que utiliza processos oxidativos avançados, cujo principal objetivo é diminuir a quantidade de resíduos gerados, difere-se dos métodos comerciais que geram resíduos finais no tratamento de efluentes por se tratar de uma tecnologia limpa, onde todos os poluentes são transformados em cadeias mais simples, aproximando-se da mineralização dos mesmos ao invés de criar resíduos que terão

que ser dispostos em específicos locais e que geram degradação ambiental.

REIVINDICAÇÕES

1. **DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA**, a dita invenção se refere a um dispositivo multirreator para uso em fotocatalise heterogênea mediada por filmes finos, **caracterizada por** ser constituído de um reservatório para passagem de água ao redor de múltiplos reatores para degradação fotocatalítica de soluções; em que primeiramente, tem-se um compartimento por onde água passa para resfriar externamente a parede dos reatores que fazem parte do dispositivo; em que há conexões para a entrada e para a saída da água que se escoam pelo compartimento; em que tais conexões são feitas preferencialmente paralelas ao eixo horizontal para evitar turbulências dentro do dispositivo, mas que podem também serem feitas em outras orientações.

2. **DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** na parte superior do compartimento por onde passa a água, estão acomodados múltiplos reatores cilíndricos independentes, preferencialmente com o mesmo dimensionamento e volume, e que podem ser utilizados simultaneamente para dar mais praticidade e reprodutibilidade aos resultados; em que os múltiplos reatores são abertos em sua parte superior por onde recebem irradiação, e não possuem conexões com a água de resfriamento, que apenas passará por fora para resfriar as soluções contidas e não possuem saídas e entradas de solução, fazendo-se que o dispositivo torne os reatores do tipo batelada; em que para esse funcionamento, então, as soluções e materiais fotocatalíticos são inseridos pela parte superior, a única aberta para tirar e colocar elementos nos reatores; em que os reatores, em sua parte superior interna, a uma razoável distância abaixo do limite dos mesmos, possuem suportes fixos ao longo de todo o perímetro do reator para que os materiais fotocatalíticos em forma de filmes finos sólidos inseridos sejam apoiados nessa parte superior (marcações A e B), elevando as amostras, com o intuito de maximizar a exposição à radiação do fotocatalisador, priorizando os efeitos da fotocatalise, e para dar espaço, no fundo do reator, para a inserção do sistema de agitação magnética para a solução ter mais contato com o material fotocatalisador.

3. UTILIZAÇÃO DO DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MEDIADA POR FILMES FINOS, caracterizado pelo dispositivo ser utilizado de acordo com as reivindicações 1 e 2.



FIGURA 1

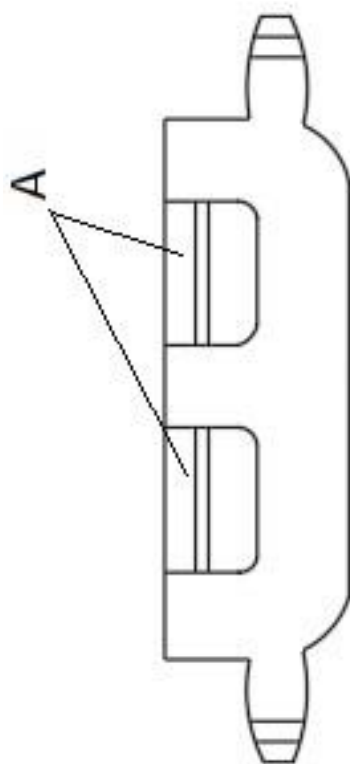


FIGURA 2

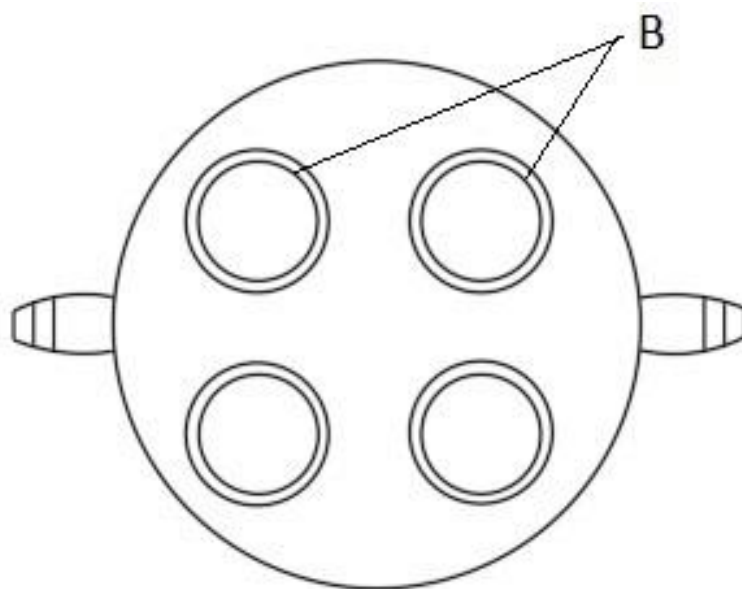


FIGURA 3

RESUMO

DISPOSITIVO MULTIRREATOR EM BATELADA PARA UTILIZAÇÃO EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MEDIADA POR FILMES FINOS

O presente pedido de patente trata-se de um dispositivo multirreator em batelada para utilização em fotocatalise heterogênea com filmes finos para testes e ensaios envolvendo poluentes dissolvidos em meio líquido. Esse dispositivo é composto por múltiplos reatores envolto por um compartimento por onde água passa para resfriamento dos conteúdos dos reatores, que podem ser usados simultaneamente e independentemente. O presente invento tem seu uso em escala laboratorial, com possibilidade de escalonamento para escalas comerciais/industriais, voltado para tratamento de efluentes e águas contaminadas através de fotocatalisadores depositados em substratos sólidos.